

VŠB – Technická univerzita Ostrava

Fakulta strojní

Katedra energetiky

Kogenerační jednotka jako zdroj tepla vybraného objektu

Cogeneration Unit as a Heat Source for Selected Object

Student:

Radomil Ťok

Vedoucí bakalářské práce:

doc.Ing. Stanislav Honus, Ph.D.

Ostrava 2017

Zadání bakalářské práce

Student: **Radomil Ťok**
Studijní program: **B2341 Strojírenství**
Studijní obor: **3907R009 Provoz energetických zařízení**
Téma: **Kogenerační jednotka jako zdroj tepla vybraného objektu**
Cogeneration Unit as a Heat Source for Selected Object
Jazyk vypracování: **čeština**

Zásady pro vypracování:

1. Proveďte rešerši týkající se problematiky tepelných ztrát budov a kogeneračních jednotek.
2. Popište řešený objekt.
3. Vypočítejte roční potřebu tepla a tepelný příkon nutný pro vytápění objektu a ohřev TUV.
4. Navrhněte vhodnou kogenerační jednotku pro pokrytí ztrát tepla.
5. Proveďte ekonomické zhodnocení investice.

Seznam doporučené odborné literatury:

RÉDR, M., PŘÍHODA, M. *Základy tepelné techniky*. 1. vydání. SNTL, 1991. 680 s. ISBN 80-03-00366-0
SAZIMA, M., KMONÍČEK, V., SCHNELLER, J. *Teplo*. SNTL, 1989. 592 s. ISBN 80-03-00043-2.
VRÁNA, J. a kol. *Technická zařízení budov v praxi*. Grada, 2007. 332 s. ISBN 978-80-247-1588-9.
KRBEK, J., POLESNÝ, B. *Malé kogenerační jednotky v komunální a průmyslové energetice*. Brno: PC-DIR Real, 1999. ISBN 80-85895-23-4.
KRBEK, J., POLESNÝ, B. *Kogenerační jednotky - zřizování a provoz*. Praha: Gas, 2007. ISBN 978-80-7328-151-9.

Formální náležitosti a rozsah bakalářské práce stanoví pokyny pro vypracování zveřejněné na webových stránkách fakulty.

Vedoucí bakalářské práce: **Ing. Stanislav Honus, Ph.D.**

Datum zadání: 09.12.2016

Datum odevzdání: 15.05.2017



doc. Ing. Kamil Kolarčík, CSc.
vedoucí katedry



doc. Ing. Ivo Hlavatý, Ph.D.
děkan fakulty



Místopřísežné prohlášení studenta

Prohlašuji, že jsem celou bakalářskou práci včetně příloh vypracoval samostatně pod vedením vedoucí diplomové práce a uvedl jsem všechny použité podklady a literaturu.

V Ostravě dne 15.5.2017


.....

podpis studenta

Prohlašuji, že

- jsem byl seznámen s tím, že na moji bakalářskou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb., autorský zákon, zejména § 35 – užití díla v rámci občanských a náboženských obřadů, v rámci školních představení a užití díla školního a § 60 – školní dílo.
- beru na vědomí, že Vysoká škola báňská – Technická univerzita Ostrava (dále jen „VŠB-TUO“) má právo nevýdělečně ke své vnitřní potřebě bakalářskou práci užít (§ 35 odst. 3).
- souhlasím s tím, že bakalářská práce bude v elektronické podobě uložena v Ústřední knihovně VŠB-TUO k nahlédnutí a jeden výtisk bude uložen u vedoucí bakalářské práce. Souhlasím s tím, že údaje o kvalifikační práci budou zveřejněny v informačním systému VŠB-TUO.
- bylo sjednáno, že s VŠB-TUO, v případě zájmu z její strany, uzavřu licenční smlouvu s oprávněním užít dílo v rozsahu § 12 odst. 4 autorského zákona.
- bylo sjednáno, že užít své dílo – bakalářskou práci nebo poskytnout licenci k jejímu využití mohu jen se souhlasem VŠB-TUO, která je oprávněna v takovém případě ode mě požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které byly VŠB-TUO na vytvoření díla vynaloženy (až do jejich skutečné výše).
- beru na vědomí, že odevzdáním své bakalářské práce souhlasím se zveřejněním své práce podle zákona č. 111/1998 Sb., o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších předpisů, bez ohledu na výsledek její obhajoby.

V Ostravě dne 15.5.2017



.....

podpis studenta

Jméno a příjmení autora práce:

Radomil Ťok

Adresa trvalého pobytu autora práce:

Moravský Písek 746, 696 85 Mor. Písek - Díly

ANOTACE BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

ŤOK, R. *Kogenerační jednotka jako zdroj tepla vybraného objektu*. Ostrava: VŠB – Technická univerzita Ostrava, Fakulta strojní, Katedra energetiky, 2017, 63 s. Vedoucí práce: Honus, S.

Bakalářská práce se zabývá návrhem a volbou kogenerační jednotky. Kogenerační jednotka bude primárně sloužit jako zdroj elektrické energie. Vedlejší využití je produkované odpadní teplo, které se dále využije pro vytápění a ohřev vody daného objektu. Teoretická část pojednává o využití, funkci a principech kogeneračních jednotek a jejich rozdělení. Pro zvolení vhodné kogenerační jednotky je nutno vypočítat tepelné ztráty rekreačního objektu. Tato tepelná ztráta je vypočítána ve druhé části bakalářské práce. Dále je zde vypočítána potřeba tepla na vytápění a ohřev teplé užitkové vody. V závěru práce je kogenerační jednotka srovnána s kotlem pro spalování tuhých paliv z hlediska provozních nákladů, spotřebou paliva a pořizovacích nákladů. Následně je vybrána nejlepší varianta pro daný objekt.

ANNOTATION OF BACHELOR THESIS

ŤOK, R. *Co-generation unit as a heating source of a selected building*. Ostrava: VŠB – Technical University Ostrava, Faculty of Mechanical Engineering, Department of Power Engineering, 2017, 63 pages. Supervisor: Honus, S.

The bachelor thesis deals with the design and selection of a co-generation unit. The co-generation unit will be used primarily as a source of electrical energy. Its secondary use is to generate waste heat, which is further used for space and water heating for the given building. The theoretical part addresses the use, function and principles of co-generation units. In addition, the co-generation units are divided by the method of drive and use of fuel. Heat losses of the holiday facility should be computed to select an adequate co-generation unit. This heat loss is computed in the second part of the bachelor thesis. The heat demand for space and hot water heating is also computed here. In the conclusion of the thesis, the co-generation unit is compared with a solid fuel boiler in terms of operating cost, fuel consumption and acquisition cost. Consequently, the better variant for the relevant building is chosen.

Obsah

Seznam použitých značek a symbolů	9
1 Úvod.....	11
2 Historie	12
3 Úvod o využívání kogenerace	14
3.1 Zastoupení kogeneračních jednotek v ČR a ve světě	16
3.2 Hlavní parametry KGJ	17
3.3 Výhody a nevýhody	17
4 Princip kogenerace, rozdělení	18
4.1 Rozdělení kogeneračních jednotek dle koncepce	18
4.1.1 Využití parní turbíny	18
4.1.2 Využití spalovací turbíny	20
4.1.3 Využití spalovacího motoru.....	20
4.1.4 Využití paroplynového zdroje	22
4.1.5 Využití palivových článků.....	22
4.1.6 Využívání trigenerace.....	23
4.2 Druhy paliva	23
5 Teorie o tepelných ztrátách	24
5.1 Princip přenosu tepla	24
5.2 Tepelné mosty.....	25
5.3 Popis výpočtu tepelné ztráty budovy	26
6 Popis domu.....	31
6.1 Technické řešení	31
6.2 Schéma objektu.....	32
6.3 Základní materiály a rozměry	33
7 Výpočet tepelných ztrát	35
7.1 Vzorový výpočet tepelné ztráty pro garáž	35

7.2	Výpočet tepelné ztráty 1.NP	37
7.3	Výpočet tepelných ztrát 2.NP	39
7.4	Výpočet tepelných ztrát 3.NP	41
7.5	Celková tepelná ztráta objektu	41
8	Výpočet spotřeby tepla	44
8.1	Výpočet potřeby tepla pro vytápění za rok	44
8.2	Výpočet tepla pro ohřev teplé vody	45
8.3	Celková roční potřeba energie na vytápění a ohřev teplé vody	46
8.4	Skutečná potřeba energie na vytápění	46
9	Návrh způsobu vytápění	49
9.1	Mikrokogenerační jednotka EC Power XRG1 9	49
9.2	Kotel na tuhá paliva Verner V140 Extra	50
10	Ekonomické zhodnocení	53
10.1	Zhodnocení kotle VERNER V140 EXTRA	54
10.2	Zhodnocení KGH EC Power XRG1 9	55
10.3	Výsledné zhodnocení investic	56
11	Závěr	58
	Seznam použité literatury	59
	Seznam obrázků, tabulek a grafů	62
	Seznam příloh	64

Seznam použitých značek a symbolů

Značka	Index	Veličina	Jednotka
A		Plocha konstrukce	[m ²]
c		Měrná tepelná kapacita vody	[kg/m ³]
C		Množství spotřebovaného zemního plynu	[m ³ /hod]
d		Délka topného období	[dny]
D		Vytápěcí denostupně	[K.dny]
e	1	Stínící součinitel	
f	g1	Korekční činitel na vliv kolísání venkovní teploty	
f	g2	Teplotní redukční činitel	
f	RH	Korekční součinitel zohledňující délku otopné přestávky	
G	w	Korekční činitel na vliv spodní vody	
H	T,ie	Součinitel tepelné ztráty prostupem konstrukcemi v kontaktu s vnějším vzduchem	[W/K]
H	T,ig	Součinitel tepelné ztráty konstrukcemi v kontaktu se zeminou	[W/K]
H	T,iu	Součinitel tepelné ztráty konstrukcemi s nevytápěnými prostory	[W/K]
H	T,ij	Součinitel tepelné ztráty prostupem konstrukcemi v kontaktu s odlišně vytápěnými prostory	[W/K]
H	v	Součinitel tepelné ztráty větráním	[W]
H		Počet hodin	
k		Součinitel přestupu tepla	[W/(m ² K)]
l		Délka tepelného mostu	[m]
m	pal	Množství paliva za rok	[t/tok]
n	50	Intenzita výměny vzduchu obálkou budovy při tlakovém rozdílu 50 Pa	[1/h]
n	min	Minimální intenzita výměny vzduchu v místnosti	[1/h]
N		Četnost výskytu tohoto typu místnosti na podlaží	
N		Počet pracovních dní v roce	[dny]
N	p-rok,k	Roční náklady	[Kč/palivo]
N	c-rok	Celkové roční náklady	[Kč/rok]
N	p-rok,k,b	Roční náklady na kotel,boier	[Kč/rok]
N	c-rok	Cena za spotřebovaný plyn	[Kč/rok]
N		Orientační návratnost	[Kč]
P		Elektrický výkon	[W]
p		Expondovaný obvod objektu	[m]
Q		Tepelný výkon	[W]
q	c	Tepelná charakteristika budovy	[W/(m ³ .K ¹)]

Q	vyr,r	Spotřeba tepla na vytápění za rok	[GJ/rok]
Q	TUV,r,d	Roční spotřeba tepla pro ohřátí teplé vody,denní potřeba tepla	[MW.h/rok]
Q	r	Celková potřeba energie	[MW.h/rok]
Q	r-p	Energie dodané za rok	[kW/h]
t1		Teplota studené vody	[°C]
t2		Teplota ohřáté vody	[°C]
Te		Návrhová venkovní teplota	[°C]
Tem		Průměrná roční teplota venkovního vzduchu	[°C]
tes		Průměrná teplota během otopného období	[°C]
U		Součinitel prostupu tepla konstrukce	[W/(m²K)]
U	eq	Činitel prostupu tepla konstrukce zahrnující vliv přilehlé zeminy	[W/(m²K)]
V	t	Tok větracího vzduchu	[m³/h]
V	inf,min,su	Větrací tok způsobený infiltrací,hygienickými důvody,přiváděného vzduchu	[m³/h]
V		Objem vzduchu v místnosti	[m³]
V	mech	Tok vzduchu přisávaného obálkou objektu	[m³/h]
V2p		Celková potřeba teplé vody za 1 den	[m³/den]
ε		Výškový korekční součinitel	
ε		Opravný součinitel	
η	e,c,q	Účinnost elektrická,celková,tepelná	[%]
η	vyt,k	Účinnost spalování paliva,spalovacího zařízení	[%]
θ	i,e	Návrhová teplota vnitřní,venkovní	[°C]
θ	m,e	Průměrná roční teplota vnějšího vzduchu	[°C]
θ	j	Teplota v sousedním odlišně vytápěném prostoru	[°C]
θ	su	Teplota přiváděného větracího vzduchu	[°C]
λ		Tepelná vodivost	[W/(m.K)]
ρ		Měrná tepelná kapacita vody	[J/kg.K]
Φ	HL	Celková tepelná ztráta místnosti	[W]
Φ	T,V	Tepelná ztráta prostupem,větráním	[W]
Φ	RH	Přídavný výkon potřebný na zvýšení výkonu otopné soustavy při zátoku	[W]
Φ	z	Trvalý tepelný zisk	[W]
Φ	C0	Celková tepelná ztráta pro 1.PP	[W]
Φ	C1	Celková tepelná ztráta pro 1.NP	[W]
Φ	C2	Celková tepelná ztráta pro 2.NP	[W]
Φ	C3	Celková tepelná ztráta pro 3.NP	[W]
ψ		Lineární činitel prostupu tepla tepelného mostu	[W/(m.K)]

1 Úvod

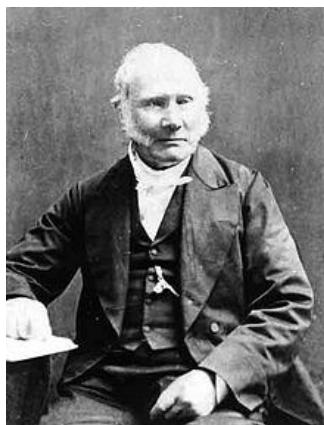
Kogenerační jednotky vyrábějí elektrickou energii a teplo. Proto si musíme nejprve upřesnit rozdíl mezi elektrickou energií a tepelnou energií. Tyto dvě energie se od sebe velice liší. Odlišnosti jsou v použití, nákladech jak na pořízení, tak i na udržování chodu stroje.

Elektrickou energii využíváme ze všeho nejvíce, protože ji můžeme v ideálních případech přeměňovat na jakýkoliv druh energie. Nejčastěji se elektrická energie získává transformací z tepelné energie v elektrárenských společnostech a zařízeních. Tato přeměna je možná díky druhému termodynamickému zákonu v dynamice. Bohužel tato přeměna nepracuje se 100 % účinností, a proto se přemění jen část energie, odpadní tepelná energie je tak vypuštěn volně do atmosféry. Současné elektrárny jsou schopny přeměňovat tepelnou energii s účinností 33 % pro uhlí. S takovou účinností pracují elektrárny na tuhá paliva. V paroplynových elektrárnách probíhá přeměna energie vyšší účinností, kdy můžeme hovořit o celkové účinnosti, která někdy přesahuje i 55 %. Přeměna tepelné energie na jiný druh energie je z technického hlediska obtížná. Existují přeměny této energie jako vodní pára nebo teplá voda. Tyto metody se využívají pro potřeby vytápění a výroby teplé vody. Tedy kogenerační jednotka vyrábí elektrickou a tepelnou energii. Energie vyrobené touto jednotkou jsou produkovány s malou ztrátou a to asi 15 %. Kogenerační jednotky jsou ve skutečnosti malé teplárny u nás doma nebo ve společnostech.

Bakalářská práce je zpracována pro vlastní využití. Jedná se o rekreační objekt, který bude vystavěn v roce 2017. Práce je zpracována na základě reálné výkresové dokumentace tohoto objektu. Cílem práce bude účelně navrhnout kogenerační jednotku pro výrobu elektřiny a ohřevu teplé užitkové vody. Jako primární vytápění se nejlépe jeví kotel pro spalování tuhých paliv (dřevo). Po návrhu kogenerační jednotky se dále porovnávají možné alternativy, pro vytápění a ohřev teplé užitkové vody pro daný objekt. Všechny tyto výsledky jsou porovnány a je vybráno nejlepší řešení, jak z pohledu ekonomického, tak z pohledu účelnosti.

2 Historie

První zmínka o správně fungujícím tepelném motoru se vztahuje k roku 1807, kdy ho Sir George sestrojil. Ovšem za hlavního průkopníka spalovacího motoru se považuje skot Robert Stirling (viz Obrázek 1). Tento muž si v roce 1816 nechal patentovat motor, který jako první obsahoval ekonomizér. Hlavní důvod tohoto přídavného ekonomizéru je rozkvět parních motorů v této době. Ty nebyly z pravidla tak účinné a dalším důvodem se stala malá bezpečnost při provozování parního motoru. Tento ekonomizér tak zvyšoval účinnost tepelného motoru a nevyužíval kotle. [15]



Obrázek 1 Robert Stirling (1790 – 1878) [12]

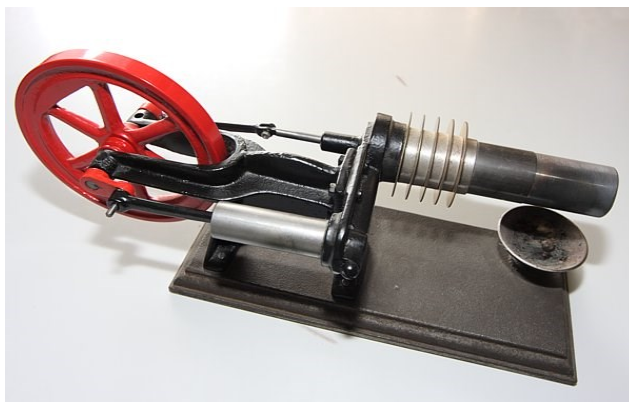
Následně švédský vědec a vynálezce John Ericson (viz Obrázek 2) přišel s nápadem využívat Stirlingův motor (viz Obrázek 3) při pohonu na sluneční energii. Jenže v této době se vynalezl také elektromotor. Okolo roku 1880 přišel německý automobilový konstruktér Karl Benz s velice lehkým motorem, který se využíval hlavně v automobilismu. Stirlingův motor kolem roku 1900 nemohl konkurovat motorům, které spotřebovávali benzín a naftu. Tudíž se tento motor přestal používat. [15]



Obrázek 2 John Ericson (1803 – 1889) [13]

V současné době kdy se ceny paliva neustále zvyšují, přichází Stirlingův motor zase do úvahy o používání. Nejvíce je Stirlingův motor uplatněn při výrobě elektrické energie a

tepla. Dále se motor využívá pro pohon ponorek. Velkou studii probírá NASA pro pohon kosmických lodí ve vesmíru za pomoci již uvedeného Stirlingova motoru, který má využívat sluneční energii.[15]



Obrázek 3 Základní Stirlingův motor [14]

3 Úvod o využívání kogenerace

Kogenerační jednotku můžeme použít všude, kde je odběr nebo zdroj tepla. Jedná se o velmi výkonné zařízení. V poslední době tento úsek prochází rozvojem a tak se kogenerační jednotky (viz Obrázek 4) zmenšují rozměrově tak i výkonově. Důsledkem toho je velký okruh použití i v domácnostech. Jednou z hlavních podmínek pro výhodné používání kogeneračních jednotek je, co největší využití „provoz co nejvíce hodin“, nejlépe aby se toto zařízení využívalo celoročně. Díky této podmínce se kogenerační jednotky využívají nejčastěji v oblastech, jako jsou bazény, nemocnice, ubytovací zařízení, obecní a městské objekty, kotelny na sídlištích a využití pro různé průmyslové podniky. Výkon a tudíž i velikost kogenerační jednotky se vztahuje na spotřebu tepla v objektu. Kogenerační jednotka může produkovat teplo, které pokryje základní spotřebu nebo může být výkonnější a tak pokryje všechny nároky na teplo v objektu. Vyrobenou elektrickou energii je nejlepší spotřebovávat přímo v daném objektu. Můžeme ji ovšem prodávat také do sítě, ale při dnešních výkupních cenách to není zase tak výhodné. Při spotřebovávání vyprodukované energie přímo v objektu se zbavíme ztrát, které by jinak vznikly dopravou energie do objektu. [16]



Obrázek 4 Kogenerační jednotka [17]

Tepelné zdroje centralizovaného zásobování teplem

Vytápění tohoto typu se používá ve větších oblastech pro obyvatelstvo obce nebo čtvrti. Toto zařízení může produkovat teplo od několika MW až po mnoho MW pro městské části. Toto vytápění se využívá jen v topné sezóně, což představuje okolo 220 - 250 dnů v roce. Zařízení se navrhuje s výkonem asi 30 – 40 % což odpovídá době využití nainstalovaného výkonu. V České republice si jako příklad vytápění můžeme uvést teplárny a výtopné objekty, které se vyskytují v zemi nejčastěji. Tyto objekty využívají jako palivo při spalování hnědé nebo černé uhlí. Plynárny, které využívají zemní plyn, nejsou moc rozšířené, jejich potenciál se stále zvyšuje.[2]

Občanské objekty

Rodinné domky – Využívají teplo na vytápění a ohřev teplé užitkové vody. Vytížení toho objektu je poměrně malé a spotřeba elektřiny neodpovídá plnému využití kogenerační jednotky. Proto se vyrobená elektřina v těchto objektech prodává do sítě. Pro tyto malé objekty se nejčastěji používá kogenerační jednotka, která využívá Stirlingův motor, mikroturbínu nebo palivové články.

Hotely a penziony – Tyto objekty využívají dobře kogenerační jednotky a jejich služby. Hotely využívají kogenerační jednotku pro vytápění, ohřev vody, klimatizaci, a také pro služby, které poskytují. Může to být pro ohřev vody v bazénu, saunu, prádelnu. Pro tyto objekty se navrhuje kogenerační jednotky s výkonem 15 - 100 kW, které využívají spalovací motor.

Nemocnice – Objekty patří k dobrým uživatelům kogeneračních jednotek, z důvodu celoročního provozu a tudíž potřeby využívat jak tepelnou tak elektrickou energii. V nemocnicích se využívá také trigenerační technologie, ta slouží ke chlazení. Využívají se stroje s plynovým spalovacím motorem vybaveným pro ostrovní provoz.

Internáty – Jedinou nevýhodou těchto objektů je pokles provozu v období školních prázdnin. Pro využití se používají také spalovací motory.

Administrativní budovy – Využití energie v těchto objektech klesá podle faktorů provozování v roce. Je zde mnoho faktorů, které snižují využitelnost KGJ jako např. tepelná energie v podobě vytápění se využívá především v topném období, přes léto se nevyužívá, pokud se neprovozuje trigenerace. Dalším faktorem je provozní doba budovy, kdy se nevyužívá o víkendech a svátcích, pokud jsou to školy tak i během prázdnin. Díky těmto faktorům je nutné si uvědomit, jestli se pořízení KGJ vůbec vyplatí z pohledu ekonomického.

Obchodní domy - Objekty tohoto typu jsou velmi vhodné pro pořízení těchto jednotek, protože provozní doba sčítá 10-12 hodin denně. Je zde vysoká spotřeba elektrické energie. Dále se využívá pro chlazení, klimatizaci a větrání obchodních domů.

Sportovní střediska – Využívají tepelnou a elektrickou energii velmi dobře díky provozu 12 – 14 hodin denně. Kogenerační jednotky se využívají pro ohřev vody, vytápění, větrání, klimatizace a osvětlení.

Průmyslové podniky – Využití se najde v podnicích, které mají několika směnný provoz a také potřebují vyšší potřebu tepla a elektrické energie pro stroje a vybavení. [2]

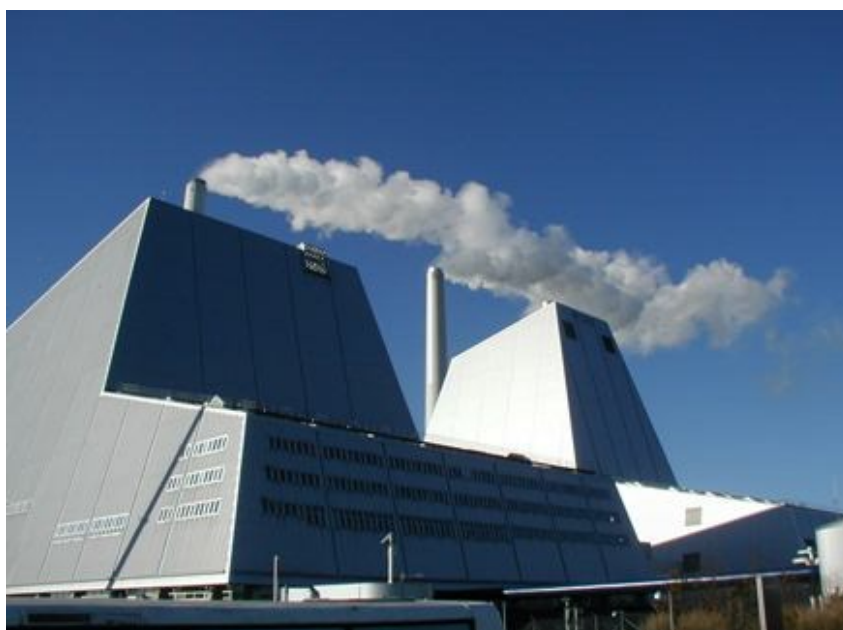
3.1 Zastoupení kogeneračních jednotek v ČR a ve světě

Kogenerační jednotky se v ČR používají již mnoho let a mají zde své tradice. Jde převážně o teplárny. Podle informací pokrývá Teplárenské sdružení ČR asi 2/3 dodávky tepla. Vývoj instalovaného výkonu v ČR (viz Tabulka 1) v roce 2013 byl 4 441 MW.h. Z hlediska pokrytí elektrické energie se udává okolo 14 % spotřeby elektřiny v České republice. [20]

Tabulka 1 Vývoj instalovaného výkonu v České republice [20]

Instalovaný výkon	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013
Nad 5							
[MW.h]	543	82	299	131	844	846	625
Pod 5							
[MW.h]	804	454	120	57	158	945	4441

Z tabulky lze usoudit rostoucí trend malých kogeneračních jednotek od roku 2010 a můžeme očekávat vzrůst i v dalších letech v České republice. Je to díky vysoké účinnosti přeměny energie a malým ztrátám při přenosu a prodeji. [20]

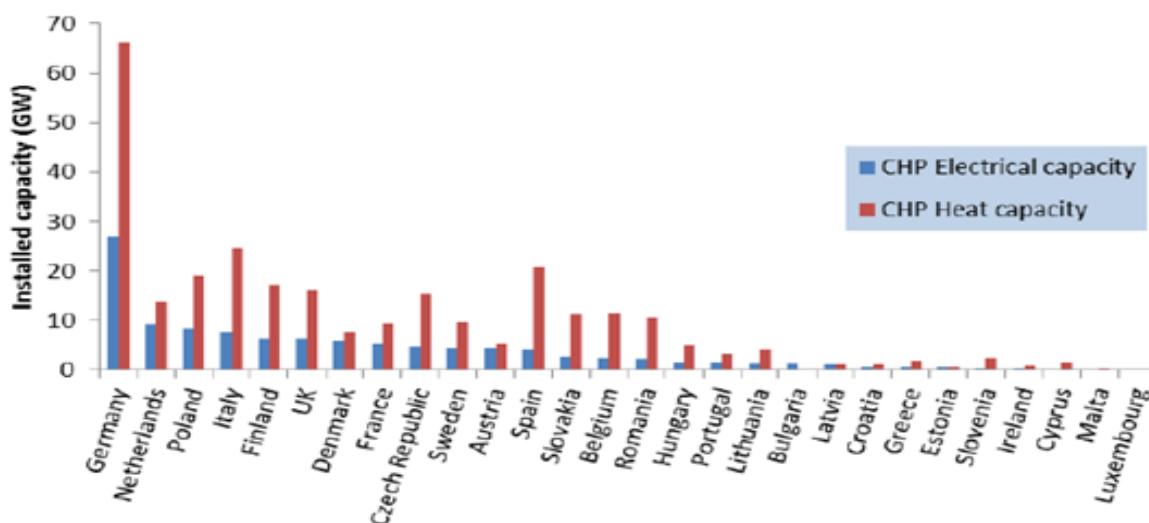


Obrázek 5 Kogenerační jednotka Kodaň [20]

Kogenerační jednotky (viz Obrázek 5) budou do 15 let jeden z hlavních producentů evropské energetiky. Evropská unie vytvořila plán pro vývoj kogeneračních jednotek. Největší podíl tepelné a elektrické energie produkuje Německo (viz. Graf 1). Odhaduje se, že v roce 2030 budou až 20 % energie produkovat právě kogenerační jednotky. V současné době je to něco o kolo 15 %. Následný rozvoj pro výrobu tepelné a elektrické energie musí překonat 4 bariéry: [21]

- Obchodní společnosti neposkytují žádné odměny za energetické úspory
- Velká šance na nestabilitu pro energetický trh z důsledku změn
- Množství poplatků pro připojení, povolení
- Dobré posouzení v energetice

Graf 1 Instalovaný tepelný a elektrický výkon v EU v roce 2012 [21]



3.2 Hlavní parametry KGJ

Mezi hlavní parametry KGJ patří elektrický výkon P , tepelný výkon Q . Následujícím velmi důležitým parametrem je celková účinnost η_c . Ta se skládá z elektrické účinnosti η_e a tepelné účinnosti η_q . Tyto parametry vycházejí z příkonu Q_c . Modul teplárenské výroby e , který je velmi důležitý pro návrh systému. [2][21]

Přepoččet pro tyto veličiny

$$Q_p = \frac{P+Q}{\eta_c} = \frac{P}{\eta_e} = \frac{Q}{\eta_q} \quad [\text{W}] \quad (1)$$

$$e = \frac{P}{Q} = \frac{\eta_e}{\eta_q} \quad [-] \quad (2)$$

3.3 Výhody a nevýhody

U kogeneračních jednotek převažují výhody nad nevýhodami. Největší výhodou je celková účinnost a využití paliva. Naopak největší nevýhodou jsou pořizovací náklady. Zde jsou další výhody a nevýhody.

Výhody

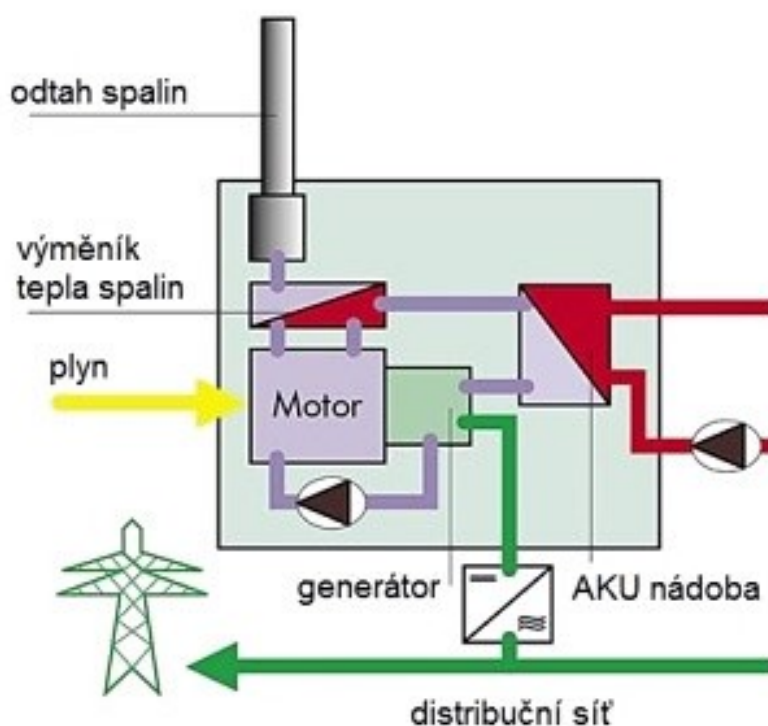
- Využití paliva (80-85 %) z toho 30 – 35 % elektrická energie a 65 – 70 % teplo
- Tvorba nízkých emisí
- Přebytek energie lze prodávat do veřejné sítě
- Použití odpadního tepla
- Nejsou zde dopravní ztráty
- Úspora paliva
- Větší účinnost

Nevýhody

- Velké investiční náklady
- Opatření ke snížení hlučnosti
- Návrh, která závisí na používání [1]

4 Princip kogenerace, rozdělení

Myšlenka kogenerace nebo, výroba elektrické a tepelné energie není nic nového. Většinou se s touto myšlenkou setkáme v elektrárnách a plynárnách, kde se odpadní teplo vypouští do ovzduší. Proto jsou výhodné kogenerační jednotky, které využijí i tuto energii. Princip (viz Obrázek 6) na výrobu elektrické energie je v podstatě stejný jako u elektráren. V elektrárnách se nachází elektrický generátor, který když se roztočí, vytváří elektrickou energii. Rozdíl u KGJ je nahrazení generátoru za spalovací motor. Tyto motory jsou běžně navrženy pro spalování bioplynu nebo jiná plynná paliva. Při rozběhu se tak transformuje mechanická energie na elektromagnetickou. Odpadní teplo, které se při chodu uvolní je díky chladicí vodě a chlazení předáno do výměníku, kde jej můžeme využít pro topení nebo ohřívání vody. [18]



Obrázek 6 Schéma principu KGJ [19]

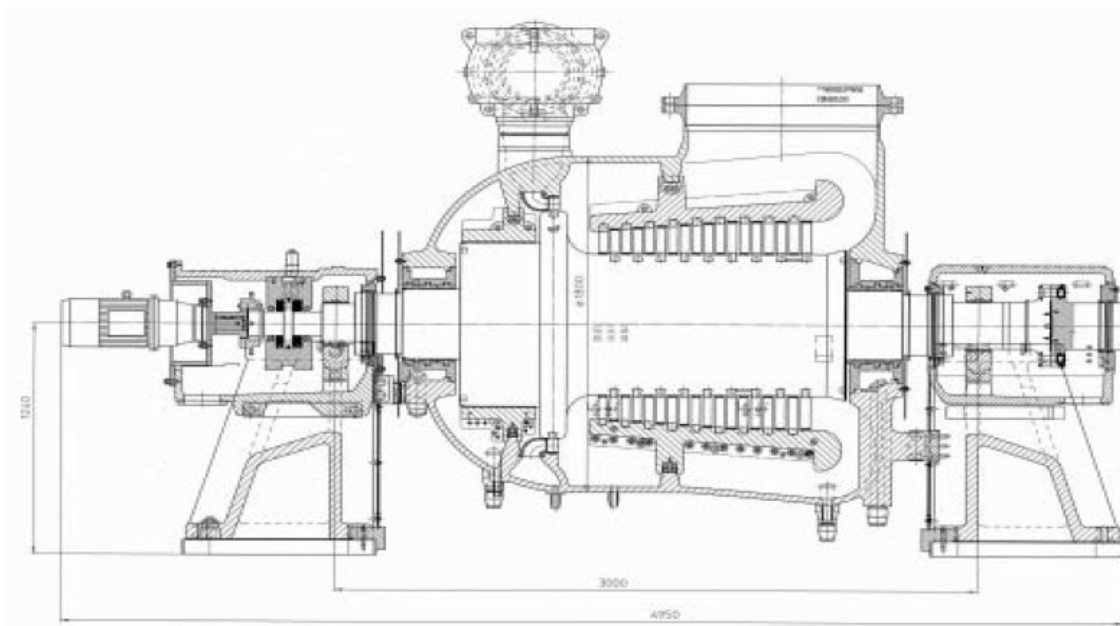
4.1 Rozdělení kogeneračních jednotek dle koncepce

Kogenerační jednotky mohou fungovat na několika typech pohonu. Jejich základní rozdělení je uvedeno dále.

4.1.1 Využití parní turbíny

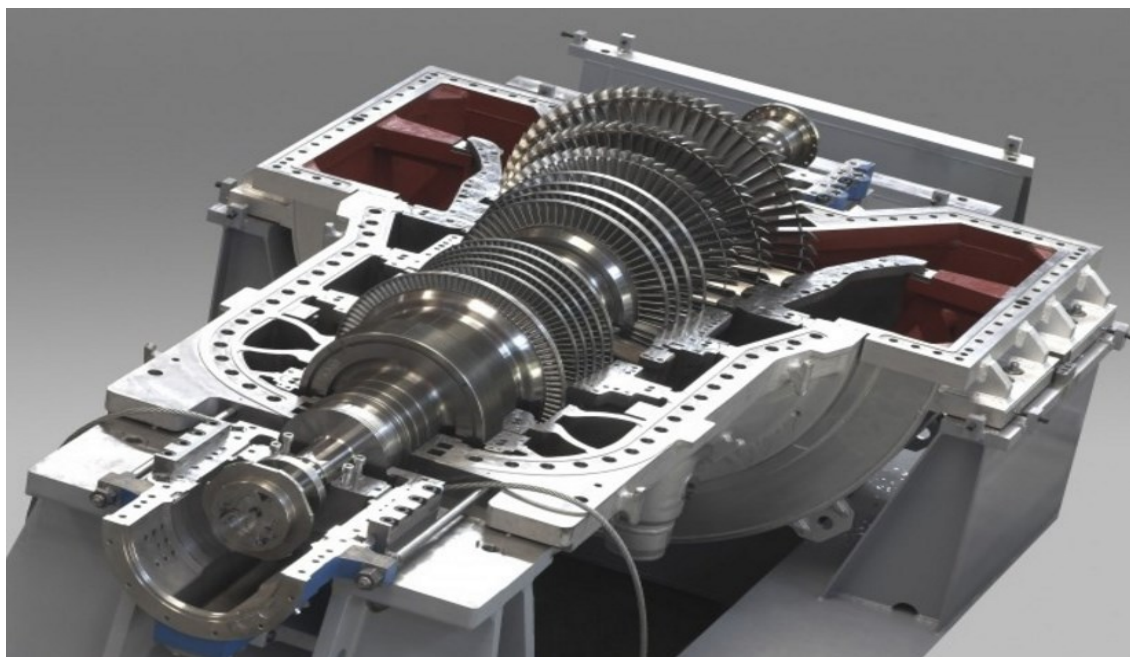
Tento typ je hlavním představitelem kogeneračních jednotek v průmyslu. Hlavními částmi jsou parní kotel a protitlaká turbína (viz Obrázek 7) nebo kondenzační (viz Obrázek 8). Elektrická energie se vyrábí v generátoru. Velikost tohoto tepla je určena návrhem stroje. Parní kotle, vyrobí páru, která je po té dodávána do parního motoru. Ten může být protitlaký nebo kondenzační. Za pomoci této turbíny se rozběhne generátor, který už produkuje elektrickou energii. Expandování páry v turbíně se neděje přímo až do konce. Skončí dříve,

aby toto teplo mohlo být využito pro vytápění nebo jiné použití. Zde je možno použít libovolné palivo (uhlí, plyn, biomasa).



Obrázek 7 Mnohostupňová protitlaková parní turbína (EKOL Brno – výkon 19 MW) [2]

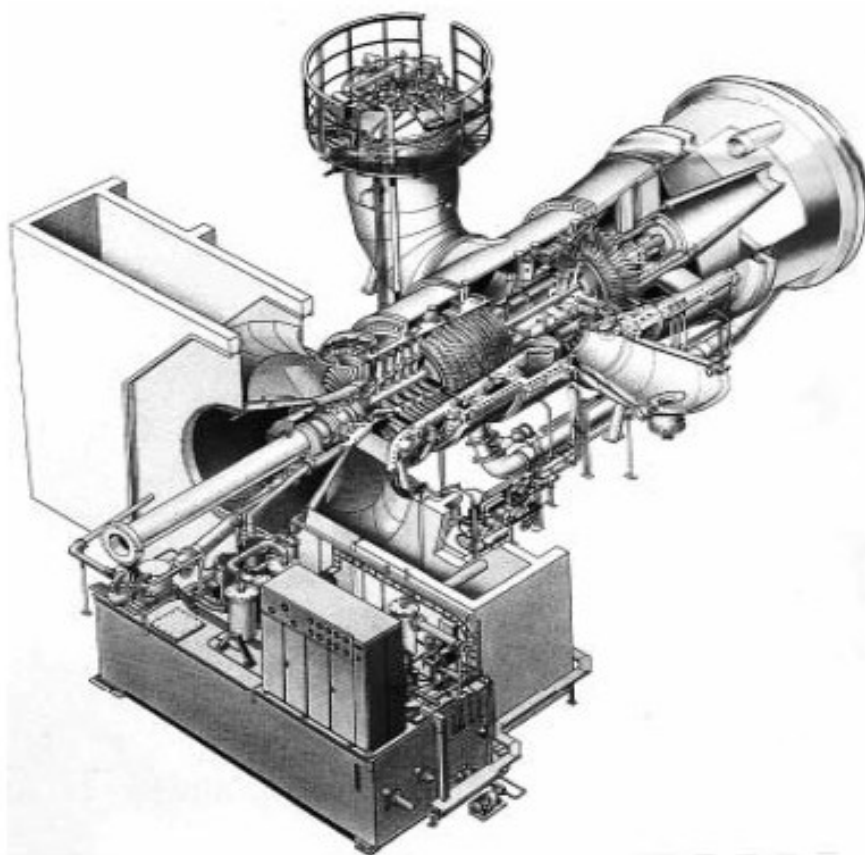
Tento typ kogeneračních jednotek je možný rychle uvést do provozu a po-té je zcela automatizovaný. Také je velmi dobře zajištěno dodávání tepelné energie s vyššími parametry, než jsou kogenerační jednotky se spalovacími motory. Turbíny, které se používají, mohou být axiální a radiální. Tyto turbíny jsou konstruované na teplotu páry mezi 200 – 450 °C při tlaku 0,9-6,5/0,1-0,7 MPa. Při menších výkonech se používají protitlaké axiální turíny. Pokud chceme, dosáhnou lepší termodynamickou účinností, používají se radiální rychloběžné turbíny. Regulace výkonu je určena statorovými natáčivými lopatkami. Tyto kogenerační jednotky mají běžně účinnost okolo 62 – 76 %. Z toho se elektrická účinnost pohybuje kolem 8 – 20 %.[2] [3] [4] [23]



Obrázek 8 Parní kondenzační turbína (EKOL Brno - 10 MW) [22]

4.1.2 Využití spalovací turbíny

Tato KGJ se skládá ze spalovací turbíny (viz Obrázek 9), generátoru a spalínového kotle. Spálené teplo z turbíny je přeneseno do kotle, kde se vyrábí teplo jako pára. Další část, která se nachází, u spalínového kotle je dohořivací hořák, který zvyšuje tepelný výkon. Tento hořák zvýší teplotu spalin na 900 °C ze 450 – 600 °C. Výhodou je odvod tepla z kotle. KGJ se vyrábějí o výkonu asi 1 MW až 200 MW. Tato KGJ má oproti dalším zařízením malou hmotnost a minimální úpravy. Stejně jako u KGJ s parní turbínou jde o automatický provoz. Další výhodou je velká spolehlivost a dobrá životnost stroje. Celková účinnost v palivu je 68 – 90 %. Tepelná účinnost je potom asi 35 – 57%, elektrická účinnost 23 – 41 %. Mínusem KGJ se spalovací turbínou je spalování pouze zemního plynu.[2] [3] [4] [23]

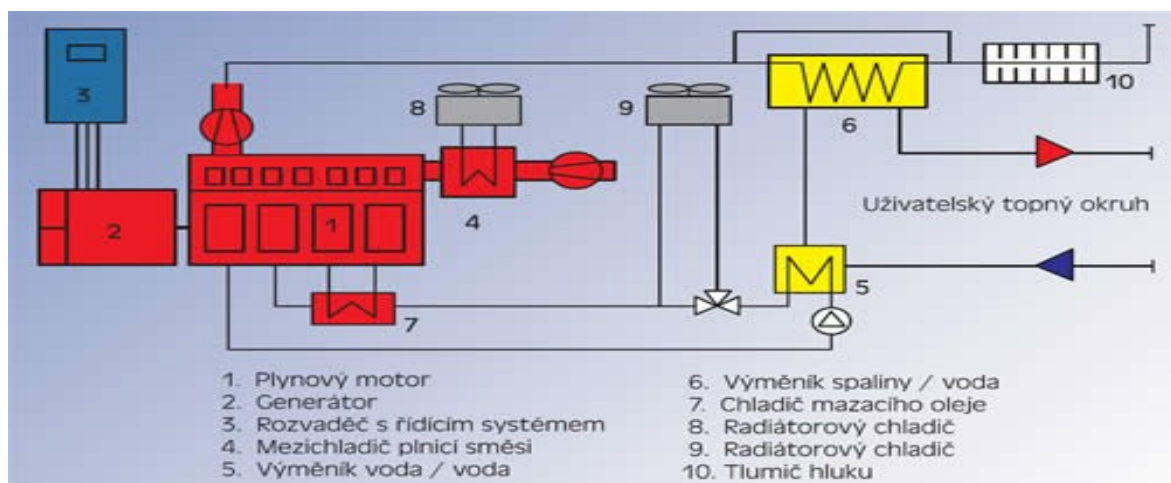


Obrázek 9 Spalovací turbína průmyslového typu V 94.3 (Siemens) [2]

4.1.3 Využití spalovacího motoru

Základními částmi KGJ jsou vznětové a zážehové motory. Tyto motory používají princip (viz Obrázek 10) normálních automobilových motorů s jedním rozdílem. Jsou navrženy, aby spalovaly plyn na místo nafty či benzínu. Základním pohyb vykonává motor, ten roztáčí elektrický generátor. Mezitím motor vytváří i teplo přes bloky válců. Chladicí voda, která proudí v okruhu má teplotu asi 80°C. Skrze výměníky se voda může používat

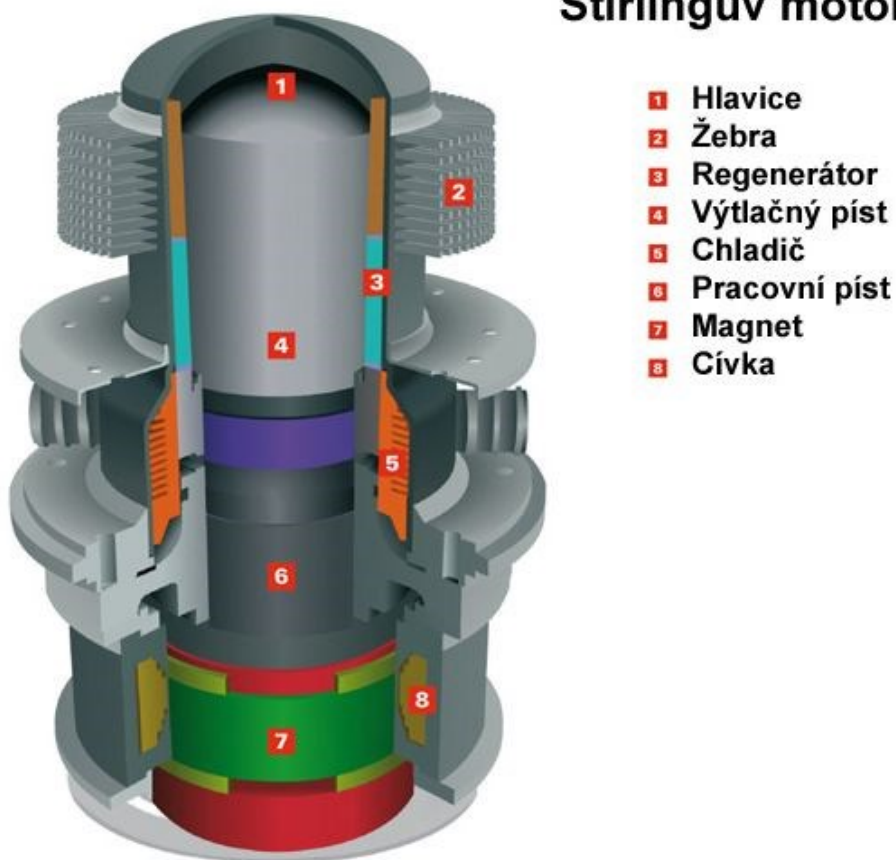
jako užitková pro vytápění. Tyto jednotky mají dobré termodynamické vlastnosti. Pro postavení těchto jednotek není zapotřebí velkých nákladů stejně jako na provoz.



Obrázek 10 Blokové schéma kogenerační jednotky © EkoWATT [23]

Dalším motorem, který má velký potenciál v KGJ je Stirlingův motor (viz Obrázek 13). Byl vynalezen mnohem dříve než zážehový motor. Tento motor využívá písty a vnější spalování. V motoru se přeměňuje teplo na mechanickou energii za pomoci cyklického chlazení a ohřívání plynu. Pro spalování se využívá vzduch, vodík a hélium. [2] [3] [4] [23]

Stirlingův motor



Obrázek 11 Aplikace Stirlingova motoru v KGJ [24]

4.1.4 Využití paroplynového zdroje

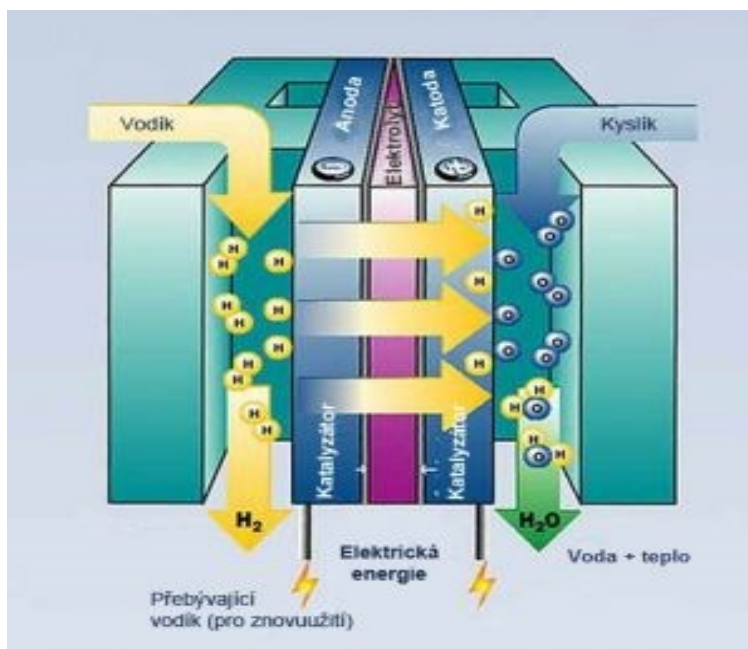
Jde o nejvíce zastoupený typ kogeneračních jednotek. Jejím hlavními částmi je spalovací turbína, spalovací motor. Parní kotl zprostředkovává vyrobené teplo těmto motorům a přeměňuje ho na páru. Ojedinele se zlomek páry vstříkává do spalovací turbíny. Produkovaná pára rozhání k tomu turbínu a neslouží jenom jako odpadní teplo. Tyto paroplynová zařízení (viz Obrázek 12) tedy mají nejvyšší účinnost. V současnosti už je to okolo 60 %. [2] [23]



Obrázek 12 KGJ v čistírně odpadních vod (výkon 2x 520 Kw) [23]

4.1.5 Využití palivových článků

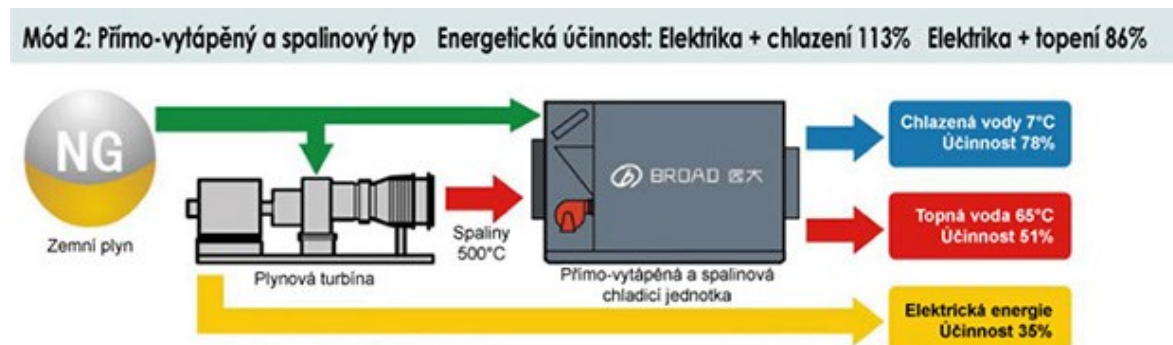
Jedna z nejnovějších metod pro výrobu elektrické a tepelné energie za pomoci palivových článků (viz Obrázek 13). Energie se vyrábí za pomoci reakce plynu a palivového článku. Tím může být vodík, zemní plyn. Hlavním principem je přívod paliva a okysličovadla ke galvanickému článku. Mezi palivem a okysličovadlem je elektrolyt, přes který tyto dva prvky reagují a tím vyrábí energii. Velkými výhodami palivových článků je nepřetržitý chod, minimální hlučnost. Konstrukce dovoluje velkou škálu výkonu a využít mnoho druhů paliva. Nevýhodou je velká pořizovací cena. [23] [24]



Obrázek 13 Řez palivovým článkem [24]

4.1.6 Využívání trigenerace

Tato jednotka vyrábí elektřinu, teplo a na víc ještě chlad (viz Obrázek 14). Může být kompresorová nebo absorpční. Hlavní částí, která se tady nachází na víc než u většiny kogeneračních jednotek je chladicí jednotka. Tato chladicí jednotka vyrábí chlad a to je důvod proč můžeme tyto KGJ požívat i přes letní měsíce. Tímto využijeme účinnosti provozu KGJ i z ekonomického hlediska.[25]



Obrázek 14 Trigenerace a absorpční jednotky BROAD (schéma zapojení) [25]

4.2 Druhy paliva

Kogenerační jednotky pro pohon nejčastěji využívají zemní plyn. V současné době se zvyšuje počet těchto zařízení a s tím přichází i různé druhy paliva. Další druhy paliv, která se požívají u kogeneračních jednotek.

- Zemní plyn
- Bioplyn
- Sládkový plyn
- Kalový plyn
- Důlní plyn
- Čistírenský plyn [1-4]

5 Teorie o tepelných ztrátách

Pro vytápění, ohřev vody se používá tepelná energie. Tuto energii spotřebováváme v obytných domech, občanských objektech a průmyslových objektech. Rozvod toho tepla může být udělán individuálně nebo lokálně, kvůli většímu objektu.

Teplo nutné pro tyto objekty je definováno jako poměr maximálního příkonu a odběru za určitou dobu. S měnící se venkovní teplotou se může lišit i příkon. Teplo, které, potřebujeme na vytápění objektu, nahrazuje tepelné ztráty objektu. Toto teplo lze stanovit pomocí dvou metod. Pomocí zkrácené nebo podrobnou metodou. Pro projektové zaměření postačí zkrácená metoda. V této metodě se používá obestavěný prostor a venkovní stěny objektu. Venkovní teplota se volí dle tabulky klimatických podmínek pro oblast. Při stanovování roční spotřeby tepla se bere v potaz jak umístění objektu, tak i druh a účel této stavby. Zda se bude využívat celoročně nebo jen sezóně na těchto podmínkách závisí vytápění. Dále může objekt uvolňovat do okolí své teplo venkovními plochami, na které má vliv i jejich umístění dle světových stran. V neposlední řadě probíhají ztráty tepla díky netěsnostem, dveřmi a okny. Prostupní součinitel se mění dle tloušťky stěn, jejich materiálu a vodivosti. Dalším důvodem tepelné ztráty může být větrání či klimatizace. Tato ztráta závisí na objemu výměny vzduchu. Spotřeba tohoto tepla se určí z ročního využití. V poslední řadě je důležité zařídit tepelnou energii pro ohřev užitkové vody. Množství tohoto tepla se odvíjí na počtu lidí pro dodávání během dne nebo počtem dní za rok. [6]

5.1 Princip přenosu tepla

Princip šíření tepla vychází, z druhého termodynamického zákona, kdy se teplo volně šíří z části s vyšší teploty do části s nižší teplotou. Dle fyzikálních vlastností můžeme šíření tepla rozdělit do 3 kategorií.

Sdílení tepla vedením (kondukce) se teplo pohybuje v tuhých, kapalných i plynných tělesech. Tento přenos tepla se uskutečňuje pomocí působení molekul atomů, iontů elektronů a to má za následek výměnu energetických molekul dané hmoty.

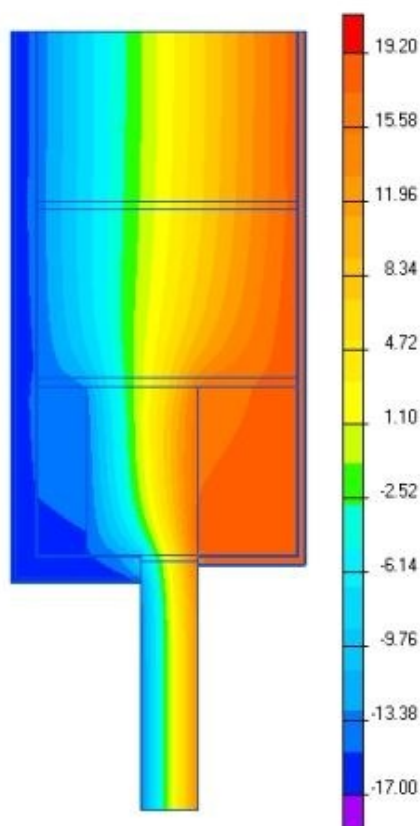
Sdílení tepla prouděním (konvekce), které se využívá v prostředí s proudící látkou. Tato látka tedy předává své teplo do okolí a jejich těles. Tento přenos energie probíhá za makropohybu molekul hmoty.

Sdílení tepla zářením (radiace) pomocí elektromagnetického vlnění. Tento proces využívá tepelnou energii tělesa, kterou přemění na elektromagnetické vlnění. Toto vlnění pak proudí prostorem a je nasáváno ostatními tělesy. Po nasátí tohoto vlnění se opět transformuje na tepelnou energii. Tento přenos tepla funguje i ve vakuu.

V praktickém využití se používají všechny tři přenosy tepla současně. Proto jsou některé úlohy velmi náročné. Při jejich řešení se tak úloha musí schématicky rozdělit. Dále je potřeba stanovit jakým směrem se bude řešení ubírat, jestli samostatným řešením nebo experimentálním či teoretickým směrem. Při řešení šíření tepla se musí stanovit podmínky o prostředí, ve kterém bude jev probíhat. [5][6]

5.2 Tepelné mosty

Tepelným mostům se klade čím dál větší důraz a to nejen kvůli energetickému šetření a zabezpečení ale i z hlediska hygienického. Tepelné mosty představují plochy nebo úseky, kterými přicházíme o teplo při uvolňování do okolí. Jedním z hlavních znaků jak můžeme poznat, kde je tepelný most může být rozdílná (nižší) teplota okolních ploch. Tím pádem jsou tyto plochy většinou vlhké, tím vznikají plísně. Za vznikem tepelných mostů může být špatná volba materiálu nebo špatné provedení stavby. Velikost ztrát tepla domu se odvíjí, na velikosti tepelného mostu čím větší je tepelný most tím větší bude i tepelná ztráta. Rozlišují se dva základní typy tepelných mostů. Jako první jsou tepelné mosty, které jsou vytvořeny netěsnostmi v konstrukci. Tato tepelná ztráta probíhá, odvětráváním vzduchu do okolí tedy jsou to tepelné ztráty prouděním. Další druh tepelného mostu způsobuje špatná skladba dělicí konstrukce nebo nevhodné navržení. Unikání této tepelné energie probíhá vedením. Hlavním příčinou může být špatné zateplení či pozednice. Dále rozdělujeme prostup tepla (tepelný tok viz Obrázek 15) na jednorozměrné, dvourozměrné a třírozměrné. Toto rozdělení je dle počtu stykových ploch přes které dochází k prostupu tepla. Nejvíce tepla uniká přes místa, kde se může šířit více směry. Tepelné mosty mohou být u spojení konstrukcí, oken, zdí v rozích a ve střeších, kdy může být provedena špatná izolace. Pro odstranění tepelných mostů je nejlepší jim předejít a to tím že budeme pozornější při stavbě a konstrukci domu. Jestli je ale problém nalezen později je nutné toto postihnuté místo odstranit či opravit i za cenu zasáhnutí do konstrukce objektu. Nejjednodušším příkladem může být špatné zateplení, kde nezbývá nic jiného než toto místo dostatečně zateplit. [26][27]



Obrázek 15 Tepelný tok u nadpraží okna – zdivo 36,5 STI [28]

5.3 Popis výpočtu tepelné ztráty budovy

Pro určení celkové tepelné ztráty budovy je nutné vypočítat tepelnou ztrátu ve všech místnostech. Tato tepelná ztráta v místnosti se skládá ze ztráty prostupem konstrukcemi a ztrátou větráním. Ve výpočtu jsou zahrnuty i ztráty tepelnými mosty. Vzorem pro výpočet tepelných ztrát je stavební fyzika. (34)

Celková tepelná ztráta místnosti

$$\Phi_{HL} = \Phi_T + \Phi_V + \Phi_{RH} - \Phi_Z \quad [W] \quad (3)$$

Φ_T ...Tepelná ztráta prostupem [W]

Φ_V ...Tepelná ztráta větráním [W]

Φ_{RH} ...Přídavný výkon potřebný na zvýšení výkonu otopné soustavy při zátoku [W]

Φ_Z ...Trvalý tepelný zisk [W]

Tepelná ztráta prostupem

$$\Phi_T = (H_{T,ie} + H_{T,ig} + H_{T,iu} + H_{T,ij}) \cdot (\theta_i - \theta_e) \quad [W] \quad (4)$$

$H_{T,ie}$...Součinitel tepelné ztráty prostupem konstrukcemi v kontaktu s vnějším vzduchem [W/K]

$H_{T,ig}$...Součinitel tepelné ztráty konstrukcemi v kontaktu se zeminou [W/K]

$H_{T,iu}$...Součinitel tepelné ztráty konstrukcemi s nevytápěnými prostory [W/K]

$H_{T,ij}$...Součinitel tepelné ztráty prostupem konstrukcemi v kontaktu s odlišně vytápěnými prostory [W/K]

θ_i ...Návrhová vnitřní teplota [°C]

θ_e ...Návrhová venkovní teplota [°C]

Součinitel tepelné ztráty prostupem konstrukcemi ve styku s vnějším vzduchem

$$H_{T,ie} = \sum A \cdot U \cdot e + \sum l \cdot \Psi \cdot e \quad [W] \quad (5)$$

A ...Plocha konstrukce [m²]

U ...Součinitel prostupu tepla konstrukce [W/(m²K)]

e ...=1 korekční součinitel...pro neprůsvitné konstrukce

l ...délka tepelného mostu [m]

Ψ ...lineární činitel prostupu tepla tepelného mostu [W/(m.K)]

Součinitel tepelné ztráty prostupem konstrukcemi ve styku se zeminou

$$H_{T,ig} = f_{g1} \cdot f_{g2} \cdot \sum A \cdot U_{eq} \cdot G_w \quad [W] \quad (6)$$

f_{g1} ...korekční činitel na vliv kolísání venkovní teploty = 1,45

A ...plocha konstrukce [m^2]

U_{eq} ...činitel prostupu tepla konstrukce zahrnující vliv přilehlé zeminy [$W/(m^2K)$]

G_w ...korekční činitel na vliv spodní vody = 1

Teplotní redukční činitel

$$f_{g2} = \frac{\theta_i - \theta_{m,e}}{\theta_i - \theta_e} \quad (7)$$

θ_i ...návrhová vnitřní teplota [$^{\circ}C$]

θ_e ...návrhová venkovní teplota [$^{\circ}C$]

$\theta_{m,e}$...průměrná roční teplota vnějšího vzduchu [$^{\circ}C$]

Součinitel tepelné ztráty prostupem konstrukcemi ve styku s nevytápěnými prostory

$$H_{T,iu} = \sum A \cdot U \cdot b_u + \sum l \cdot \Psi \cdot b_u \quad [W] \quad (8)$$

A ...plocha konstrukce [m^2]

U ...součinitel prostupu tepla konstrukce [$W/(m^2K)$]

l ...délka tepelného mostu [m]

Ψ ...lineární činitel prostupu tepla tepelného mostu [$W/(m.K)$]

Teplotní redukční činitel

$$b_u = \frac{\theta_i - \theta_u}{\theta_i - \theta_e} \quad (9)$$

θ_i ...návrhová vnitřní teplota [$^{\circ}C$]

θ_e ...návrhová venkovní teplota [$^{\circ}C$]

θ_u ...teplota na vytápění prostoru [$^{\circ}C$]

Součinitel tepelné ztráty prostupem konstrukcemi ve styku s odlišně vytápěnými prostory

$$H_{T,ij} = \sum A \cdot U \cdot f_{ij} \quad [W] \quad (10)$$

A ...plocha konstrukce [m^2]

U ...součinitel prostupu tepla konstrukce [$W/(m^2K)$]

Teplotní redukční činitel

$$f_{ij} = \frac{\theta_i - \theta_j}{\theta_i - \theta_e} \quad (11)$$

θ_i ...návrhová vnitřní teplota [°C]

θ_e ...návrhová venkovní teplota [°C]

θ_j ...teplota v sousedním odlišně vytápěném prostoru [°C]

Tepelná ztráta větráním

$$\Phi_T = H_v \cdot (\theta_i - \theta_e) \quad [\text{W}] \quad (12)$$

H_v ...součinitel tepelné ztráty větráním [W/K]

θ_i ...Návrhová vnitřní teplota [°C]

θ_e ...Návrhová venkovní teplota [°C]

Součinitel tepelné ztráty větráním

$$H_v = 0,34 \cdot \dot{V} \quad (13)$$

Tok větracího vzduchu

$$\dot{V} = \max(\dot{V}_{inf}, \dot{V}_{min}) \quad [\text{m}^3/\text{h}] \quad (14)$$

\dot{V}_{inf} ...větrací tok způsobený infiltrací

\dot{V}_{min} ...větrací tok požadovaný z hygienických důvodů

Větrací tok způsobený infiltrací

$$\dot{V}_{inf} = 2 \cdot V \cdot n_{50} \cdot e_1 \cdot \varepsilon \quad [\text{m}^3/\text{h}] \quad (15)$$

V ...objem vzduchu v místnosti [m³]

n_{50} ...intenzita výměny vzduchu obálkou budovy při tlakovém rozdílu 50 Pa [1/h]

e_1 ...stínící součinitel

ε ...výškový korekční součinitel

Větrací tok požadovaný z hygienických důvodů

$$\dot{V}_{min} = n_{min} \cdot V \quad [\text{m}^3/\text{h}] \quad (16)$$

V ...objem vzduchu v místnosti [m³]

n_{min} ...minimální intenzita výměny vzduchu v místnosti [1/h]

Nucené větrání

$$\dot{V} = \dot{V}_{inf} + \dot{V}_{su} \cdot f_v + \dot{V}_{mech} \quad [\text{m}^3/\text{h}] \quad (17)$$

\dot{V}_{inf} ...větrací tok způsobený infiltrací [m^3/h]

\dot{V}_{su} ...tok přiváděného vzduchu [m^3/h]

\dot{V}_{mech} ...tok vzduchu přísávaného obálkou objektu [m^3/h]

Teplotní redukční činitel

$$f_v = \frac{\theta_i - \theta_{su}}{\theta_i - \theta_e} \quad (18)$$

θ_i ...návrhová vnitřní teplota [$^{\circ}\text{C}$]

θ_e ...návrhová venkovní teplota [$^{\circ}\text{C}$]

θ_{su} ...teplota přiváděného větracího vzduchu [$^{\circ}\text{C}$]

Přídavný výkon

$$\Phi_{RH} = A \cdot f_{RH} \quad [\text{W}] \quad (19)$$

A ...plocha podlahy místnosti [m^2]

f_{RH} ...korekční součinitel zohledňující délku otopné přestávky

Celková tepelná ztráta podlaží

$$\Phi_{HL,podl} = \sum \Phi_{HL} \cdot N \quad [\text{W}] \quad (20)$$

Φ_{HL} ...celková tepelná ztráta určitého typu místnosti

N ...četnost výskytu tohoto typu místnosti na daném podlaží

Celková tepelná ztráta objektu

Stanovuje se jako součet tepelných ztrát všech zadaných podlaží

Tepelná charakteristika budovy

$$q_c = \frac{\Phi_{HL,b}}{V_v \cdot (\theta_{im} + 15)} \quad [\text{W}/(\text{m}^3 \cdot \text{K})] \quad (21)$$

Celková tepelná ztráta budovy

$$\Phi_{HL,b} = \Phi_{HL,b,e} \cdot (\theta_{im} + 15 / (\theta_{im} - \theta_e)) \quad [\text{W}] \quad (22)$$

V_v ...základní obestavěný prostor spodní a vrchní části budovy [m^3]

θ_{im} ...průměrná vnitřní výpočtová teplota v budově [$^{\circ}\text{C}$]

$\Phi_{HL,b,e} \dots$ tepelná ztráta budovy [W]

$\theta_e \dots$ venkovní návrhová teplota [$^{\circ}\text{C}$]

Spotřeba energie na vytápění dle STN 730540

$$E = 2100 \frac{\Phi_{bp}}{1000} \frac{35}{\theta_{im} - \theta_e} \frac{1}{V_{bp}} \quad [\text{kW.h/m}^3.\text{rok}^1] \quad (23)$$

$\Phi_{bp} \dots$ tepelná ztráta bytových podlaží [W]

$\theta_{im} \dots$ průměrná vnitřní výpočtová teplota [$^{\circ}\text{C}$]

$\theta_e \dots$ vnější výpočtová teplota, pro kterou byli, stanoveny tepelné ztráty podlaží [$^{\circ}\text{C}$]

$V_{bp} \dots$ obestavěný prostor bytových podlaží [m^3]

6 Popis domu

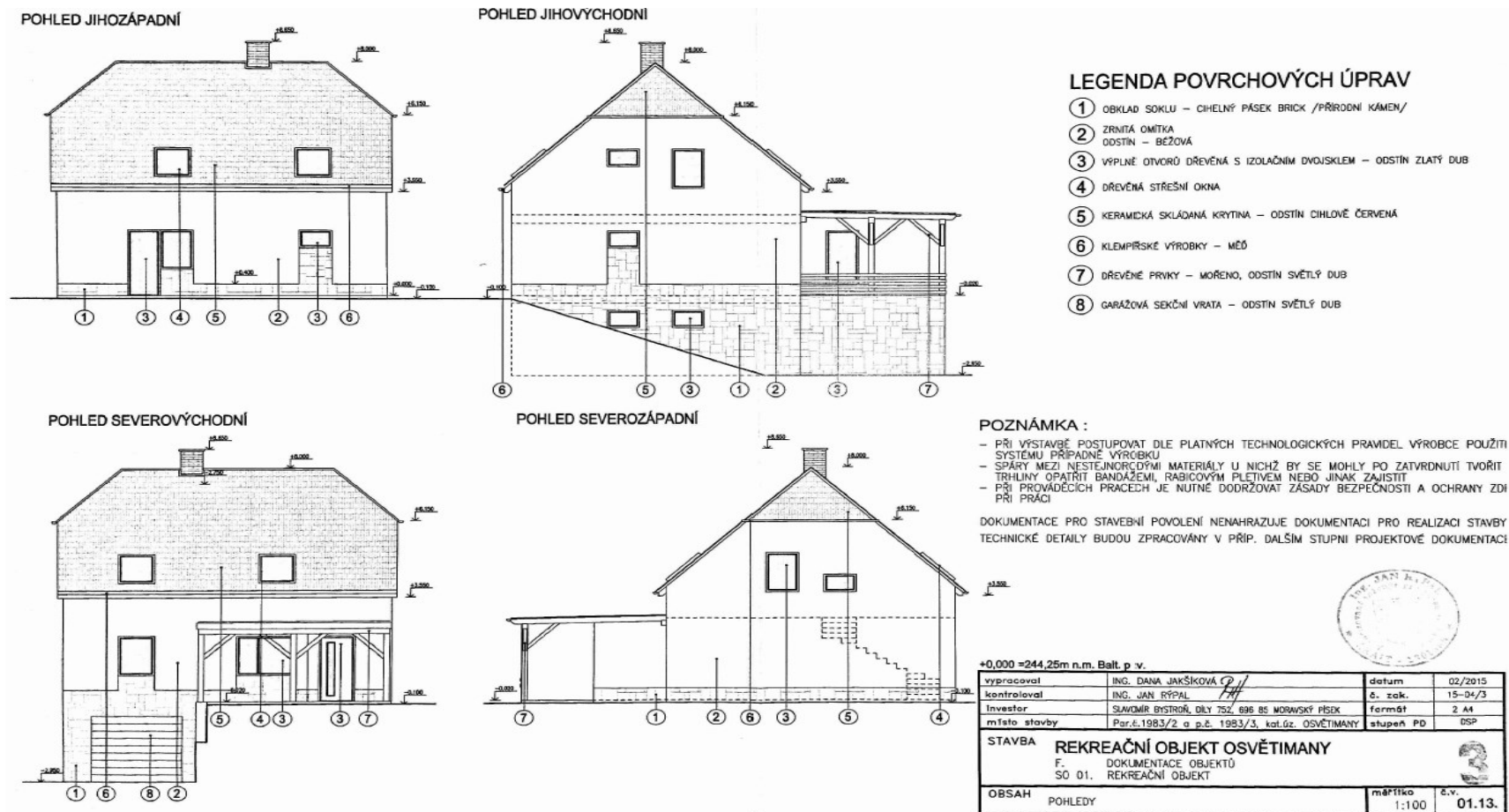
V této kapitole je proveden popis daného objektu z technického hlediska. Dále zde jsou popsány základní materiály se součiniteli tepelné vodivosti, které se využívají pro výpočet tepelných ztrát pro daný objekt.

6.1 Technické řešení

Jedná se o zahradní domek, který bude určen k rekreaci. Navržený objekt je obdélníkového tvaru o rozměru 8m x 9m. Jedná se o přízemní domek s půdní vestavbou a částečným podsklepením. Návrh suterénu vychází z umístění objektu ve svažitém terénu.

Objekt bude vyžděn na železobetonových základech z keramických tvárnic POROTHERM tl. 400 mm, s keramickými stropy POROTHERM nad 1.PP, 1. NP a části podkroví. Střecha objektu bude sedlová s polovalbami. Krov bude tvořen dřevěnými pozednicemi a dřevěnými krokvemi svázanými dvojicí kleštín. Suterén a podlaží bude sloužit jako garáž a sklad zahradního nářadí. Vnější fasáda bude barevnou kombinací tenkovrstvé omítky. Sokl bude opatřen obkladem např. z řezaného pískovce, nebo cihelného pásu BRICK. Vnější stěny nebudou dodatečně zateplovány. Je navrženo keramické zdivo POROTHERM 44 EKO. Pro výplně stavebních otvorů jsou navrženy dřevěné dveře a plastová okna s izolačním dvoj respektive trojsklem. Dveře vnitřní budou dýchované v obložkových zárubních. Z důvodu prosvětlení 2. NP jsou ve střeše navrženy střešní okna. V podlaze 1. NP se počítá s tepelnou izolací Polystyren EPS 100S tl. 140 mm. Krov bude mít tepelnou izolaci mezi krovy z tepelně izolačních desek minerální vlna 160 + 80 mm kladených příčně přes sebe s prostřídáním spár. Omítky vnitřní jsou vápenné štukové. Venkovní fasáda bude opatřena tenkovrstvou fasádní omítkou v kombinaci s obkladem řezaného pískovce.

6.2 Schéma objektu



Obrázek 16 Výkres objektu

6.3 Základní materiály a rozměry

V následující části jsou uvedeny základní plochy prostorů v objektu a jejich strukturální složení (viz. Příloha A).

Plocha obvodového zdiva	205 m ²
Plocha podlahy 1PP	23 m ²
Plocha podlahy 1NP	39 m ²
Plocha podlahy 1NPs	23 m ²
Plocha podlahy 2NP	63 m ²
Plocha stropu nad 2NP	35 m ²
Plocha střechy	80 m ²
Plocha dveří	16 m ²
Plocha oken	21,7 m ²

Složení obvodového zdiva

12 mm	Omítka strukturální	$\lambda = 0,88 \text{ W/mK}$
400 mm	Zdivo POROTHERM/HELUZ	$\lambda = 0,15 \text{ W/mK}$
3 mm	Venkovní omítka strukturální	$\lambda = 0,18 \text{ W/mK}$
30 mm	Obklad z řezaného pískovce	$\lambda = 1,40 \text{ W/mK}$

Složení podlahy 1PP

10 mm	Keramická dlažba	$\lambda = 1,01 \text{ W/mK}$
1,5 mm	Hydroizolace PVC fólie Fatrafol 804	$\lambda = 0,35 \text{ W/mK}$
180 mm	Železobetonová deska C20/25	$\lambda = 1,58 \text{ W/mK}$
600 mm	Hutněná zemina	$\lambda = 2,30 \text{ W/mK}$
4 mm	Lepidlo na dlažbu	$\lambda = 0,20 \text{ W/mK}$

Složení podlahy 1NP

50 mm	Beton	$\lambda = 1,30 \text{ W/mK}$
1,5 mm	Hydroizolace PVC fólie Fatrafol 804	$\lambda = 0,35 \text{ W/mK}$
150 mm	Železobetonová deska C20/25	$\lambda = 1,58 \text{ W/mK}$
100 mm	Štěrko-pískový podsyp	$\lambda = 0,65 \text{ W/mK}$
10 mm	Keramická dlažba	$\lambda = 1,01 \text{ W/mK}$
250 mm	Keramické vložky POROTHERM MIAKO	$\lambda = 0,29 \text{ W/mK}$
4 mm	Lepidlo na dlažbu	$\lambda = 0,20 \text{ W/mK}$

Složení podlahy 1NP

150 mm	Polystyren izolace	$\lambda = 0,03 \text{ W/mK}$
4 mm	Lepidlo na dlažbu	$\lambda = 0,05 \text{ W/mK}$
10 mm	Keramická dlažba	$\lambda = 1,01 \text{ W/mK}$
45 mm	Beton	$\lambda = 1,30 \text{ W/mK}$
250 mm	Keramický strop POROTHERM MIAKO	$\lambda = 0,29 \text{ W/mK}$
10 mm	Vápenná omítka	$\lambda = 0,88 \text{ W/mK}$
60 mm	Železobetonová deska	$\lambda = 1,58 \text{ W/mK}$

Složení podlahy 2NP

30 mm	Beton	$\lambda = 1,30 \text{ W/mK}$
7 mm	Laminátovaná podlaha	$\lambda = 0,20 \text{ W/mK}$
250 mm	Keramický strop POROTHERM MIAKO 19/50	$\lambda = 0,29 \text{ W/mK}$
10 mm	Vápenná omítka	$\lambda = 0,88 \text{ W/mK}$

Složení stropu nad 2NP

12mm	OSB desky na dřevěný rošt	$\lambda = 0,13 \text{ W/mK}$
240 mm	Tepelná izolace ORSIL M	$\lambda = 0,04 \text{ W/mK}$
0,2 mm	Parotěsná fólie FATRAPAR	$\lambda = 0,30 \text{ W/mK}$
250mm	Strop POROTHERM	$\lambda = 0,29 \text{ W/mK}$
10 mm	Vápenná omítka	$\lambda = 0,88 \text{ W/mK}$

Složení střechy

12 mm	Keramická střešní krytina	$\lambda = 0,70 \text{ W/mK}$
35 mm	Latě	$\lambda = 0,22 \text{ W/mK}$
35 mm	Kontralatě	$\lambda = 0,25 \text{ W/mK}$
1,5 mm	Kontaktní difuzní fólie TYVEK	$\lambda = 0,03 \text{ W/mK}$
240 mm	Tepelná izolace ORSIL M	$\lambda = 0,04 \text{ W/mK}$
0,2 mm	Parotěsná fólie FATRAPAL	$\lambda = 0,16 \text{ W/mK}$

Plastová okna VEKRA Komfort EVO

$k = 0,71 \text{ W/(m}^2\text{K)}$

Dřevěné dveře OKNOLUX DV 68

$k = 1,5 \text{ W/(m}^2\text{K)}$

7 Výpočet tepelných ztrát

Pro výpočet tepelných ztrát pro rekreační objekt uvažujeme venkovní navrhovanou teplotu, pro oblast Uherské hradiště, $t_e = -12\text{ }^{\circ}\text{C}$. Průměrná roční teplota venkovního vzduchu se uvažuje $t_{em} = 9,2\text{ }^{\circ}\text{C}$. Vnitřní teplota je pro každou místnost různá. Tloušťky stěn materiálů jsou čerpány z přílohy (viz. Příloha A) stejně tak velikosti ploch dané konstrukce. Lineární činitel prostupu tepla tepelnými mosty $\Psi = 0,1$ je čerpáno z normy ČSN 73 0540-2 (tab .4)[10]. Všechny koeficienty a součinitele jsou čerpány z vyhlášky ČSN EN 1283 [11]

$f_{g1}=1,45$ (dle tabulky 4.3) $U_{eq}= 0,45$ (dle tabulky 4-7) $G_w= 1$ (dle tabulky D.4.3) $n_{50}= 5$ (dle tabulky D.5.2) $e_1=0,02$ (dle tabulky D.5.3) $\varepsilon = 1$ (dle tabulky D.5.4)

V následující tabulce (viz Tabulka 2) jsou základní hodnoty pro výpočet domu.

Tabulka 2 Základní parametry objektu

Návrhová venkovní teplota	Te	-12	[°C]
Průměrná roční teplota venkovního vzduchu	Te,m	9,2	[°C]
Činitel ročního kolísání venkovní teploty	fg1	1,45	
Průměrná vnitřní teplota v objektu	Ti,m	19,2	[°C]
Expondovaný obvod objektu	P	34	m
Obestavěný prostor vytápěných částí budovy	V	552	[m ³]
Půdorysná plocha podlahy objektu	A	72	[m ²]

7.1 Vzorový výpočet tepelné ztráty pro garáž

Vzorový výpočet tepelných ztrát, je proveden pro částečně zasklepenou část, konkrétně se jedná o místnost garáž. Tato místnost není vytápěná, tudíž se uvažuje s nižší roční teplotou. Hodnoty, se kterými byl výpočet proveden, jsou uvedeny v (viz. Tabulka 3).

Tabulka 3 Základní parametry konstrukce Garáže

Název konstrukce	Plocha A [m ²]	U [W/(m ² .K)]
Obvodové zdivo	57,60	0,34
Podlaha v garáži	23,00	1,61
Strop nad garáží	23,00	0,17

Součinitel tepelné ztráty prostupem konstrukcemi ve styku s vnějším vzduchem dle rovnice č. 5

$$H_{T,ie} = 57,6 \cdot 0,34 \cdot 1 + (19,9 \cdot 0,6) + (19,9 \cdot 0,9) - (48 \cdot 0,15) = 42,23\text{ W} \quad (5)$$

Součinitel tepelné ztráty prostupem konstrukcemi ve styku se zemí byl proveden dle rovnice č. 6

$$H_{T,ig} = 1,45 \cdot 0,036 \cdot 23 \cdot 0,45 \cdot 1 = 0,54\text{ W} \quad (6)$$

Teplotní redukční činitel dle rovnice č. 7

$$f_{g2} = \frac{10-9,2}{10+12} = 0,036 \quad (7)$$

Součinitel tepelné ztráty prostupem konstrukcemi ve styku s odlišně vytápěnými prostory dle rovnice č. 10

$$H_{T,ij} = 23 \cdot 0,17 \cdot (-0,45) = -1,75 \text{ W} \quad (10)$$

Teplovní redukční činitel dle rovnice č. 11

$$f_{ij} = \frac{10-20}{10+12} = -0,45 \quad (11)$$

Tepelná ztráta větráním dle rovnice č. 12

$$\Phi_V = 9,35 \cdot (10 + 12) = 205,7 \text{ W} \quad (12)$$

Součinitel tepelné ztráty větráním dle rovnice č. 13

$$H_v = 0,34 \cdot 27,5 = 9,35 \quad (13)$$

Tok větracího vzduchu dle rovnice č. 14

$$\dot{V} = \max(11, 27,5) \text{ m}^3/\text{h} \quad (14)$$

Větrací tok způsobený infiltrací dle rovnice č. 15

$$\dot{V}_{inf} = 2 \cdot 55 \cdot 5 \cdot 0,02 \cdot 1 = 11 \text{ m}^3/\text{h} \quad (15)$$

Větrací tok požadovaný z hygienických důvodů dle rovnice č. 16

$$\dot{V}_{min} = 0,5 \cdot 55 = 27,5 \text{ m}^3/\text{h} \quad (16)$$

Tepelná ztráta prostupem dle rovnice č. 4

$$\Phi_T = (42,23 + 0,54 - 1,75) \cdot (10 + 12) = 902,53 \text{ W} \quad (4)$$

Celková tepelná ztráta místnosti dle rovnice č. 3

$$\Phi_{HL} = 902,53 + 205,7 = 1\,108,3 \text{ W} \quad (3)$$

Výsledné hodnoty tepelných ztrát pro 1PP místnost garáž jsou shrnuty v následující tabulce (viz. Tabulka 4).

Tabulka 4 Tepelné ztráty pro 1PP

Místnost	Ztráta prostupem Φ_T [W]	Ztráta větráním Φ_V [W]	Ztráta celková Φ_{HL} [W]
0 Garáž	902	206	1 108

Celková tepelná ztráta pro 1.PP se vypočítá jako součet celkových ztrát Φ_{HL} , všech místností na 1.PP patře.

Celková tepelná ztráta pro 1.PP

$$\Phi_{C0} = \Phi_{HLO} \quad [\text{W}] \quad (24)$$

$$\Phi_{C0} = 1\,108\, \text{W}$$

7.2 Výpočet tepelné ztráty 1.NP

Výpočet tepelných ztrát pro 1.NP, je proveden dle stejných vzorců jako u vzorového výpočtu u garáže. V 1.NP je počítáno s 5 místnostmi (zádveří, kuchyně, wc, koupelna, ložnice). Při výpočtu je zahrnuto nevytápěné zádveří. Ostatní místnosti jsou vytápěny. Základní parametry konstrukcí jednotlivých místností v 1.NP jsou uvedeny v tabulkách (viz. Tabulka 5-9).

Tabulka 5 Základní parametry konstrukce Zádveří

Název konstrukce	Plocha A [m ²]	U[W/(m ² .K)]
Obvodové zdivo	12,30	0,34
Dveře dřevěné	1,80	2,30
Jednoduché okno	1,20	1,00
Podlaha 1NP	3,10	0,74
Střecha	4,50	0,17
Obvodové zdivo	4,00	0,35
Dveře dřevěné	1,80	2,30

Tabulka 6 Základní parametry konstrukce Kuchyně

Název konstrukce	Plocha A [m ²]	U[W/(m ² .K)]
Obvodové zdivo	40,30	0,34
Jednoduché okno	0,50	1,00
Jednoduché okno	1,20	1,00
Jednoduché okno	1,20	1,00
Dřevěné dveře	1,80	4,00
Obvodové zdivo	15,30	0,35
Podlaha 1NP	39,80	0,74
Podlaha 2NP	39,80	0,91

Tabulka 7 Základní parametry konstrukce We

Název konstrukce	Plocha A [m ²]	U[W/(m ² .K)]
Obvodové zdivo	0,30	2,50
Dveře dřevěné	1,80	2,00
Obvodové zdivo	10,00	2,50
Obvodové zdivo	2,60	0,34
Jednoduché okno	0,50	1,70
Podlaha 1NPS	1,30	0,18
Podlaha 2NP	1,30	0,91

Tabulka 8 Základní parametry konstrukce Koupelny

Název konstrukce	Plocha A [m ²]	U[W/(m ² .K)]
Obvodové zdivo	7,50	0,35
Obvodové zdivo	7,90	2,50
Dveře dřevěné	1,80	2,00
Jednoduché okno	0,50	1,00
Obvodové zdivo	16,80	0,34
Podlaha 1NPS	6,70	0,18
Podlaha 2NP	6,70	0,91

Tabulka 9 Základní parametry konstrukce Ložnice

Název konstrukce	Plocha A [m ²]	U[W/(m ² .K)]
Obvodové zdivo	7,90	2,50
Dveře dřevěné	1,80	2,00
Obvodové zdivo	11,00	0,35
Obvodové zdivo	19,50	0,34
Jednoduché okno	1,20	1,00
Podlaha 1NPS	12,30	0,18
Podlaha 2NP	12,30	0,91

Dle předchozích výpočtů se stanoví tepelná ztráta větráním a tepelná ztráta prostupem konstrukcí pro jednotlivé místnosti. Výsledné hodnoty jsou znázorněny v následující tabulce (viz. Tabulka 10).

Tabulka 10 Tepelné ztráty pro 1.NP

Místnost	Ztráta prostupem Φ_T [W]	Ztráta větráním Φ_V [W]	Ztráta celková Φ_{HL} [W]
1 Zádveří	281	48	329
2 Kuchyně	2582	600	3182
3 WC	1112	38	1150
4 Koupelna	1408	179	1587
5 Ložnice	1468	233	1701
Celková			7949

Celková tepelná ztráta pro 1.NP se vypočítá jako součet celkových ztrát Φ_{HL} , všech místností na 1.NP patře.

Celková tepelná ztráta pro 1.NP

$$\Phi_{C1} = \Phi_{HL1} + \Phi_{HL2} + \Phi_{HL3} + \Phi_{HL4} + \Phi_{HL5} \quad [W] \quad (25)$$

$$\Phi_{C1} = 329 + 3182 + 1150 + 1587 + 1701$$

$$\Phi_{C1} = 7\,949\,W$$

7.3 Výpočet tepelných ztrát 2.NP

Výpočet tepelných ztrát pro 2.NP, je proveden dle stejných vzorců jako u vzorového výpočtu u garáže. V 2.NP je počítáno se 4 místnostmi (obývací místnost, wc, koupelna, ložnice). Všechny tyto místnosti jsou vytápěny. Základní parametry konstrukcí jednotlivých místností v 2.NP jsou uvedeny v tabulkách (viz. Tabulka 11-14).

Tabulka 11 Základní parametry konstrukce Obývací místnosti

Název konstrukce	Plocha A [m ²]	U [W/(m ² .K)]
Obvodové zdivo	43,30	0,34
Jednoduché okno	1,00	1,00
Jednoduché okno	1,00	1,00
Jednoduché okno	1,20	1,00
Jednoduché okno	0,50	1,00
Strop 2NP	21,00	0,15
Střecha	19,00	0,17
Obvodové zdivo	5,00	0,35
Obvodové zdivo	9,80	0,35

Tabulka 12 Základní parametry konstrukce Wc

Název konstrukce	Plocha A [m ²]	U [W/(m ² .K)]
Obvodové zdivo	2,10	0,34
Jednoduché okno	0,50	1,00
Dveře dřevěné	1,80	2,00
Strop 2NP	1,30	0,15
Obvodové zdivo	3,80	2,50
Obvodové zdivo	3,80	2,50

Tabulka 13 Základní parametry konstrukce Koupelna

Název konstrukce	Plocha A [m ²]	U [W/(m ² .K)]
Obvodové zdivo	15,40	0,34
Dveře dřevěné	1,80	2,00
Jednoduché okno	1,00	1,00
Strop 2NP	5,80	0,15
Střecha	5,80	0,17
Obvodové zdivo	6,20	2,50
Obvodové zdivo	7,50	0,35

Tabulka 14 Základní parametry konstrukce Ložnice

Název konstrukce	Plocha A [m ²]	U [W/(m ² .K)]
Obvodové zdivo	19,50	0,34
Jednoduché okno	1,00	1,00
Jednoduché okno	1,20	1,00
Dveře dřevěné	1,80	2,00
Střecha	5,80	0,17
Strop 2NP	11,30	0,15
Obvodové zdivo	11,00	0,35
Obvodové zdivo	6,20	2,50

Dle předchozích výpočtů se stanoví tepelná ztráta větráním a tepelná ztráta prostupem konstrukcí pro jednotlivé místnosti. Výsledné hodnoty jsou znázorněny v následující tabulce (viz. Tabulka 15).

Tabulka 15 Tepelné ztráty pro 2.NP

Místnost	Ztráta prostupem Φ_T [W]	Ztráta větráním Φ_V [W]	Ztráta celková Φ_{HL} [W]
6 Obývací místnost	1199	544	1743
7 WC	275	38	314
8 Koupelna	1032	179	1211
9 Ložnice	708	233	941
Celková			4209

Celková tepelná ztráta pro 2.NP se vypočítá jako součet celkových ztrát Φ_{HL} , všech místností na 2.NP patře.

Celková tepelná ztráta pro 2.NP

$$\Phi_{C2} = \Phi_{HL6} + \Phi_{HL7} + \Phi_{HL8} + \Phi_{HL9} \quad [\text{W}] \quad (26)$$

$$\Phi_{C2} = 1743 + 314 + 1211 + 941$$

$$\Phi_{C2} = 4\,209 \text{ W}$$

7.4 Výpočet tepelných ztrát 3.NP

Výpočet tepelných ztrát pro 3.NP, je proveden dle stejných vzorců jako u vzorového výpočtu u garáže. V 3.NP je počítáno s 1 místností (komora). Tato místnost není vytápěná, nachází se pod střechou. Základní parametry konstrukce místnosti v 3.NP jsou uvedeny v tabulce (viz. Tabulka 16).

Tabulka 16 Základní parametry konstrukce Komora

Název konstrukce	Plocha A [m ²]	U [W/(m ² .K)]
Střecha	53,00	0,17
Obvodové zdivo	13,00	0,34
Strop 2NP	37,80	0,15

Dle předchozích výpočtů se stanoví tepelná ztráta větráním a tepelná ztráta prostupem konstrukcí pro jednotlivé místnosti. Výsledné hodnoty jsou znázorněny v následující tabulce (viz. Tabulka 17).

Tabulka 17 Tepelné ztráty pro 3.NP

Místnost	Ztráta prostupem Φ_T [W]	Ztráta větráním Φ_V [W]	Ztráta celková Φ_{HL} [W]
10 Komora	431	256	688

Celková tepelná ztráta pro 3.NP se vypočítá jako součet celkových ztrát Φ_{HL} , všech místností na 3.NP patře.

Celková tepelná ztráta pro 3.NP

$$\Phi_{C3} = \Phi_{HL10} \quad [W] \quad (27)$$

$$\Phi_{C3} = 688 \text{ W}$$

7.5 Celková tepelná ztráta objektu

Celkovou tepelnou ztrátu objektu stanovíme jako součet tepelných ztrát všech zadaných podlaží

Celková tepelná ztráta

$$\Phi_{HL,b,e} = \Phi_{C0} + \Phi_{C1} + \Phi_{C2} + \Phi_{C3} \quad [W] \quad (28)$$

$$\Phi_{HL,b,e} = 1113 + 7949 + 4209 + 688$$

$$\Phi_{HL,b,e} = 13\,959 \text{ W}$$

Tepelná charakteristika budovy

$$q_c = \frac{\Phi_{HL,b}}{V_v \cdot (\theta_{im} + 15)} \quad [W/m^3.K^1] \quad (21)$$

$$q_c = \frac{13\,949}{552 \cdot (19,2 + 15)}$$

$$q_c = 0,81 \text{ W/m}^3.K^1$$

V následující tabulce (viz. Tabulka 18) jsou shrnuty všechny hodnoty místností v objektu.

Tabulka 18 Výsledné hodnoty místností

Označ. P./č.m.	Místnost	Teplota [°C]	Vytápěná plocha [m ²]	Objem vzduchu [m ³]	Celková ztráta [W]	Podíl z celkové ztráty [%]
1./1	Garáž	10,0	23,0	55,0	1113	8
2./1	Zádveří	15,0	3,1	10,4	329	2,4
2./2	Kuchyně	22,0	39,8	103,8	3182	22,8
2./3	WC	24,0	1,3	6,3	1150	8,2
2./4	Koupelna	24,0	6,7	29,3	1587	11,4
2./5	Ložnice	20,0	12,3	42,9	1701	12,2
3./6	Obývací místnost	20,0	36,1	100,0	1743	12,5
3./7	WC	24,0	1,3	6,3	314	2,2
3./8	Koupelna	24,0	6,7	29,3	1211	8,7
3./9	Ložnice	20,0	12,3	42,9	941	6,7
4./10	Komora	15,0	37,8	55,8	688	4,9

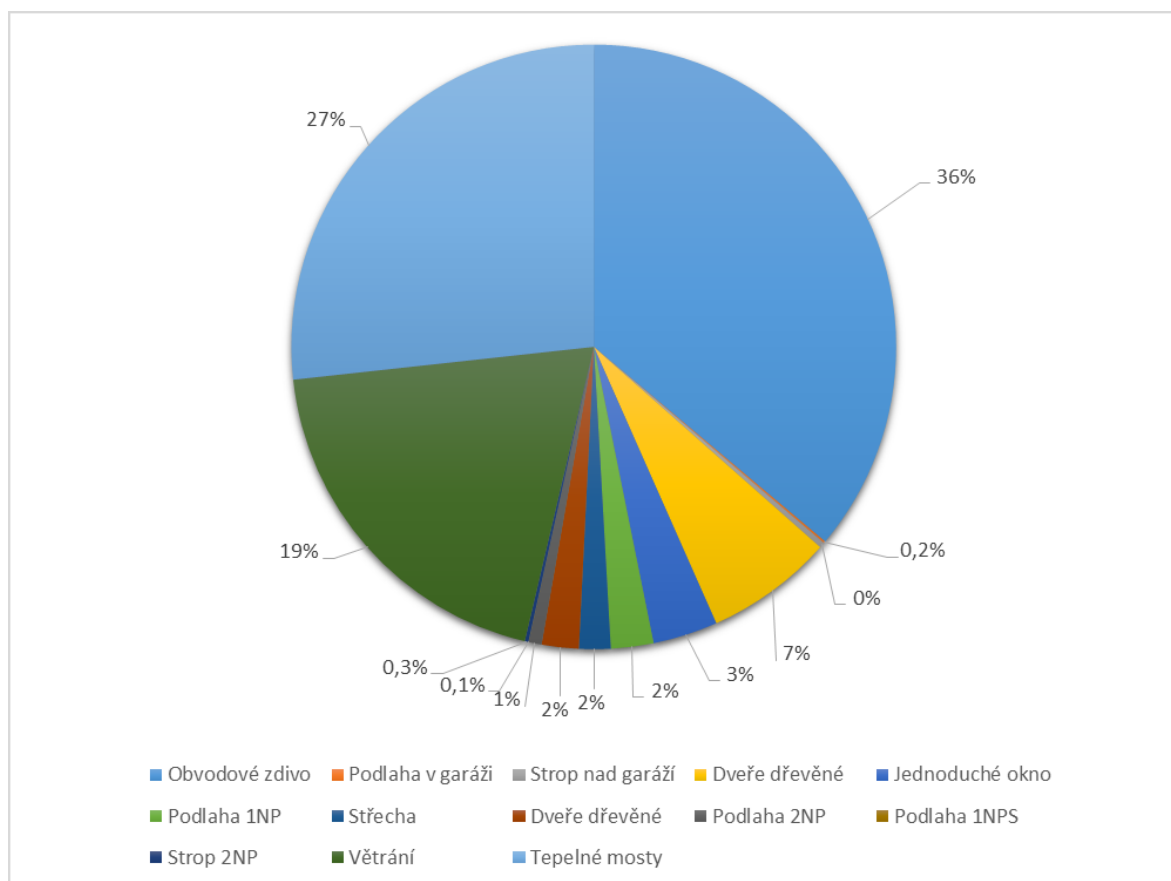
V následující tabulce (Viz. Tabulka 19) jsou shrnuty konstrukce v místnostech a jejich množství tepelné ztráty.

Tabulka 19 Konstrukce se zastoupením tepelné ztráty

Konstrukce	Tepelná ztráta [kW]	Zastoupení tepelné ztráty [%]	Plocha konstrukce A [m ²]
Obvodové zdivo	5,89	36,50	359,50
Podlaha v garáži	0,02	0,10	23,00
Strop nad garáží	-0,04	-0,30	23,00
Dveře dřevěné	0,96	6,90	14,40
Jednoduché okno	0,50	3,50	13,70
Podlaha 1NP	0,33	2,30	42,90
Střecha	0,24	1,70	88,20
Dveře dřevěné	0,28	2,00	1,80
Podlaha 2NP	0,10	0,70	60,00
Podlaha 1NPS	0,01	0,00	20,20
Strop 2NP	-0,03	-0,20	77,20

V následujícím grafu (viz. Graf 2) je shrnuto zastoupení tepelné ztráty objektu dle druhu konstrukce. Z grafu je patrné že největší tepelné ztráty jsou způsobeny obvodovými zdmi. Z tohoto důvodu můžeme uvážit lepší zateplení domu, jelikož je daný objekt ještě ve výstavbě a jeho dokončení se předpokládá koncem roku 2017. Jako druhá největší tepelná ztráta je tepelnými mosty a větráním. Tato ztráta je způsobena větráním při otevírání garáže a vchodovými dveřmi jak na zádveři tak na jihozápadní straně. Samozřejmě další tepelná ztráta je způsobená klasickým větráním okny.

Graf 2 Tepelné ztráty objektu



8 Výpočet spotřeby tepla

Pro zajištění tepla a teplé užitkové vody je potřeba vypočítat celkovou spotřebu energie, kterou je potřeba dodat pro daný rekreační objekt. Nejdříve musíme spočítat potřebu tepla na vytápění a po-té potřebu tepla pro ohřev teplé užitkové vody. Výpočet je proveden dle literatury (32)

8.1 Výpočet potřeby tepla pro vytápění za rok

Spotřeba energie na vytápění dle STN 730540

$$E = 2100 \frac{\Phi_{bp}}{1000} \frac{35}{\theta_{im} - \theta_e} \frac{1}{V_{bp}} \quad [\text{kWh/m}^3 \cdot \text{rok}^1] \quad (23)$$

$$E = 2100 \cdot \frac{13\,959}{1000} \cdot \frac{35}{19,2 + 12} \cdot \frac{1}{552}$$

$$E = 55,11 \text{ kWh/m}^3 \cdot \text{rok}^1$$

Výpočet potřeby tepla na vytápění a ohřev teplé vody počítá celkovou roční potřebu energie na vytápění a ohřev vody GJ/rok i MWh/rok dle lokality, venkovní výpočtové teploty, délky otopného období a dalších okrajových podmínek. Tyto okrajové podmínky jsou uvedeny v tabulce (viz. Tabulka 20).

Tabulka 20 Okrajové podmínky pro vytápění

Návrhová venkovní teplota	Te	-12	[°C]
Střední denní teplota	Tem	12	[°C]
Opravný součinitel	ε	0,765	
Průměrná vnitřní teplota v objektu	Tis	19,2	[°C]
Délka topného období	d	222	dny
Průměrná teplota během otopného období	tes	3,2	[°C]

Výpočet pro spotřebu tepla pro vytápění provedeme dle denostupňové metody.

Vytápěcí denostupně

$$D = d \cdot (t_{is} - t_{es}) \quad [\text{K} \cdot \text{dny}] \quad (29)$$

$$D = 222 \cdot (19,2 - 3,2)$$

$$D = 3\,552 \text{ K} \cdot \text{dny}$$

Po vypočítání vytápěcího denostupně hodnotu dosadíme do rovnice pro spotřebu tepla na vytápění za rok. Výslednou hodnotu převedeme (1 MWh = 3.6 GJ)

Spotřeba tepla na vytápění za rok

$$Q_{vyt,r} = \frac{\varepsilon}{\eta_o \cdot \eta_r} \cdot \frac{24 \cdot Q_c \cdot D}{(t_{is} - t_{es})} \cdot 3,6 \cdot 10^{-3} \quad [\text{GJ/rok}] \quad (30)$$

$$Q_{vyt,r} = \frac{0,765}{0,95 \cdot 0,95} \cdot \frac{24 \cdot 13,959 \cdot 3\,552}{(19,2 - 12)} \cdot 3,6 \cdot 10^{-3}$$

$$Q_{vyt,r} = 115,9 \text{ GJ/rok}$$

$$(1 \text{ MWh} = 3,6 \text{ GJ})$$

$$Q_{vyt,r} = \frac{115,9}{3,6} = 32,2 \text{ MWh/rok}$$

8.2 Výpočet tepla pro ohřev teplé vody

Výpočet potřeby tepla na ohřev teplé vody vypočteme z denní potřeby tepla dle lokality, a dalších okrajových podmínek. Tyto okrajové podmínky jsou uvedeny v tabulce (viz. Tabulka 21).

Tabulka 21 Okrajové podmínky pro ohřev teplé vody

Teplota studené vody	t1	10	[°C]
Teplota ohřáté vody	t2	55	[°C]
Celková potřeba teplé vody za 1 den	V2p	0,2	[m ³ /den]
Měrná hmotnost vody	ρ	1000	[kg/m ³]
Měrná tepelná kapacita vody	c	4186	[J/kgK]
Koeficient energetických ztrát systému	z	0,5	
Počet pracovních dní v roce	N	365	dny
Teplota studené vody v létě	t _{svl}	15	[°C]
Teplota studené vody v zimě	t _{svz}	5	[°C]
Min. počet osob pro využití teplé vody		5	osoby

Denní potřeba tepla pro ohřev teplé vody

$$Q_{TUV,d} = (1 + z) \cdot \frac{\rho \cdot c \cdot V_{2p} \cdot (t_2 - t_1)}{3600} \quad [\text{KWh}] \quad (31)$$

$$Q_{TUV,d} = (1 + 0,5) \cdot \frac{1000 \cdot 4186 \cdot 0,2 \cdot (55 - 10)}{3600}$$

$$Q_{TUV,d} = 15,7 \text{ kWh}$$

Po vypočítání denní potřeby tepla pro ohřev teplé vody, vypočítanou hodnotu dosadíme do rovnice pro roční spotřebu tepla pro ohřátí teplé vody. Po-té opět provedeme převod jednotek dle převodu (1 MWh = 3.6 GJ).

Roční spotřeba tepla pro ohřátí teplé vody

$$Q_{TUV,r} = Q_{TUV,d} \cdot d + 0,8 \cdot Q_{TUV,d} \cdot \frac{t_2 - t_{svl}}{t_2 - t_{svz}} \cdot (N - d) \quad [\text{MWh/rok}] \quad (32)$$

$$Q_{TUV,r} = 15,7 \cdot 222 + 0,8 \cdot 15,7 \cdot \frac{55-15}{55-5} \cdot (365 - 222)$$

$$Q_{TUV,r} = 4,9 \text{ MWh/rok} = 17,7 \text{ GJ/rok}$$

8.3 Celková roční potřeba energie na vytápění a ohřev teplé vody

Jako poslední výpočet pro určení celkové roční potřeby tepla musíme sečíst roční spotřebu tepla na vytápění objektu a roční spotřebu tepla pro ohřev teplé vody.

Celková potřeba energie

$$Q_r = Q_{TUV,r} + Q_{vyt-r} \quad [\text{GJ/rok}][\text{MWh/rok}] \quad (33)$$

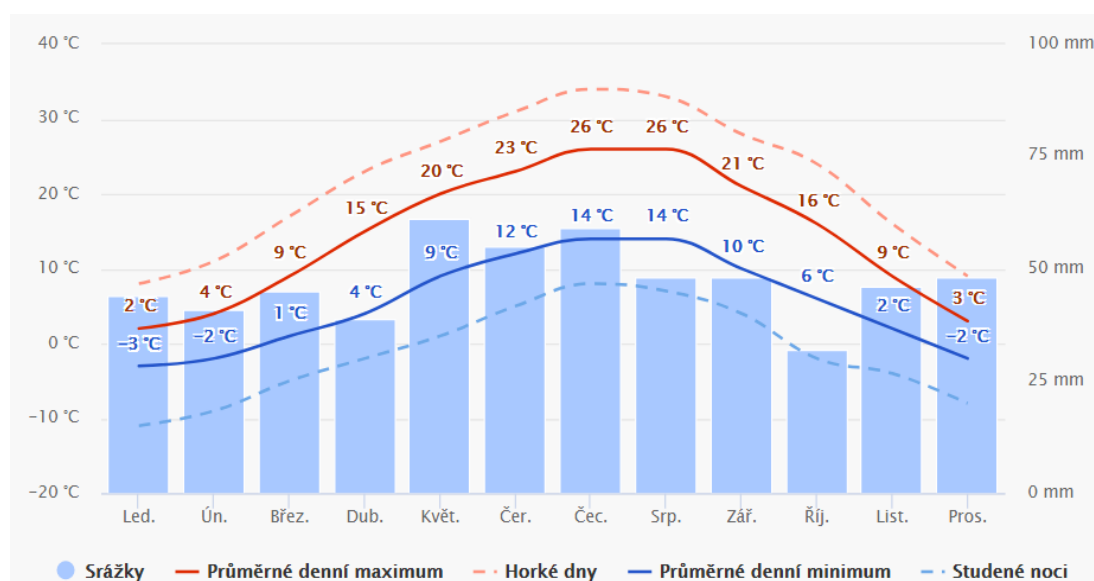
$$Q_r = (115,9 + 17,7) , (32,2 + 4,9)$$

$$Q_r = 133,6 \text{ GJ/rok} , 37,1 \text{ MWh/rok}$$

8.4 Skutečná potřeba energie na vytápění

Pro výpočet skutečné potřeby tepla se uvažují různé teploty v průběhu topného období a ne jen -12°C . Tyto průměrné teploty (viz Graf 3) jsou čerpány z roku 2016. Pro co nejpřesnější výpočet potřeby tepla se využívá průměrné denní minimum v určitém měsíci. Pro stanovení potřeby energie na vytápění se použije výpočet pro okamžitou potřebu tepla pro vytápění.

Graf 3 Průměrné teploty v roce 2016 [33]



Stanovení potřeby tepla na den při -12°C

$$Q_{r,d} = Q_{vyt-r}/222 \quad [\text{kW}] \quad (34)$$

Okamžitá potřeba tepla pro vytápění

$$Q_t = Q_{r,d} \cdot \frac{(t_{is}-t'_e)}{(t_{is}-t_e)} \quad [\text{kW}] \quad (35)$$

$Q_{r,d}$...Potřeb tepla pro vytopení objektu [kW]

t_{is} ...Střední teplota interiéru (20°C) [°C]

t'_e ...Teplota v určitém měsíci [°C]

t_e ...Nejnižší teplota v dané lokalitě [°C]

Celková denní potřeba tepla

$$Q_{cel,d} = Q_t + Q_{tuv,d} \quad [\text{kW}] \quad (36)$$

$$Q_{tuv,d} \dots \text{Denní potřeba tepla pro ohřev teplé vody} \quad [\text{kW}]$$

Potřeba energie na vytápění a ohřev vody v příslušném měsíci

$$Q_{cel} = Q_{cel,d} \cdot d \quad [\text{kW}] \quad (37)$$

d...Počet dní v příslušném měsíci

Stanovení potřeby tepla na den při -12°C

$$Q_{r,d} = \frac{Q_{vyt-r}}{222} \quad [\text{kW}] \quad (38)$$

$$Q_{r,d} = \frac{32200}{222}$$

$$Q_{r,d} = 145 \text{ kW}$$

Okamžitá potřeba tepla na vytápění při -3 °C v měsíci leden je spočítána dle rovnice

$$Q_t = Q_{r,d} \cdot \frac{(t_{is}-t'_e)}{(t_{is}-t_e)} \quad [\text{kW}] \quad (39)$$

$$Q_t = 145 \cdot \frac{(20-(-3))}{(20-(-12))}$$

$$Q_t = 104,22 \text{ kW}$$

Celková denní potřeba tepla je spočítána dle rovnice

$$Q_{cel,d} = Q_t + Q_{tuv,d} \quad [\text{kW}] \quad (40)$$

$$Q_{cel,d} = 104,22 + 15,7$$

$$Q_{cel,d} = 119,92 \text{ kW}$$

Potřeba energie na vytápění a ohřev vody v měsíci leden

$$Q_{cel} = Q_{cel,d} \cdot d \quad [\text{kW}] \quad (41)$$

$$Q_{cel} = 119,92 \cdot 31$$

$$Q_{cel} = 3717,52 \text{ kW}$$

V následující tabulce (viz tabulka 22) je shrnuta potřeba tepla pro vytápění objektu a ohřev teplé užitkové vody pro určité měsíce a tudíž i pro celé topné období.

Tabulka 22 Potřeba tepla pro vytápění a ohřev vody pro topné období

Měsíc	Průměrné denní minimum [°C]	Počet dní	Qt [kW]	Qtuv[kW]	Qcel,d[kW]	Qcel[kW]	Qtuv měsíc[kW]
Leden	-3	31	104,22	15,70	119,92	3717,52	486,70
Únor	-2	28	99,68	15,70	115,38	3230,64	439,60
Březen	1	31	86,09	15,70	101,79	3155,49	486,70
Duben	4	30	72,50	15,70	88,20	2646	471
Květen	9	10	49,84	15,70	65,54	655,40	157
Říjen	6	31	63,43	15,70	79,13	2453,03	486,70
Listopad	2	30	81,56	15,70	97,26	2917,80	471
Prosinec	-2	31	99,68	15,70	115,38	3576,78	486,70
Celkem		222				22352,70	3485,40

Potřeba energie na vytápění

$$Q_v = Q_{cel} - Q_{tuv} \quad [\text{kW}] \quad (42)$$

$$Q_v = 22352,7 - 3485,4$$

$$Q_v = 18867,3 \text{ kW} = 18,867 \text{ MW} = 67,922 \text{ GJ/rok}$$

Potřeba energie na vytápění a ohřev vody

$$Q_{to} = \sum Q_{cel} \quad [\text{kW}] \quad (43)$$

$$Q_{to} = 3717,52 + 3230,6 + 3155 + 2646 + 655,4 + 2453 + 2917,8 + 3576$$

$$Q_{to} = 22\,352,7 \text{ kW} = 22,352 \text{ MW} = 80,47 \text{ GJ/rok}$$

9 Návrh způsobu vytápění

Jsou různé způsoby vytápění pro dům. Jako primární zdroj pro vytápění rekreační objektu je zvolen kotel na tuhá paliva (dřevo). Jako druhou variantu se uvažuje pořízení kogenerační jednotky. Volba kogenerační jednotky a kotle je uvedena v další části.

9.1 Mikrokogenerační jednotka EC Power XRG1 9

Pro tento daný objekt s vypočítanou celkovou tepelnou ztrátou navrhuji kogenerační jednotku. Ta pokryje svým výkonem celkovou tepelnou ztrátu 13,9 kW. Navrhovanou kogenerační jednotkou je XRG1 9. Jedná se malou kogenerační jednotku, jinak nazývanou jako mikrokogenerační jednotka. Hlavní částí mikrokogenerační jednotky XRG1 9 je speciálně upravený motor od společnosti TOYOTA. Tento motor pohání elektrický generátor a ten vyrábí elektřinu. Odpadní teplo je použito pro vytápění objektu. Tato jednotka využívá jako palivo zemní plyn nebo bioplyn. Tato společnost nedodává jen kogenerační jednotku ale i ucelený systém řešení kogenerace s efektivní návratností.[29]



Obrázek 17 Mikrokogenerační jednotka XRG1 9 [29]

V následující tabulce (viz. Tabulka 22) jsou uvedeny základní údaje k mikrokogenerační jednotce XRGB 9.

Tabulka 23 Parametry Mikrokogenerační jednotky XRGB 9 [29]

	Hodnota	Jednotky
Elektrický výkon	9	[kW]
Tepelný výkon	20	[kW]
Chod jednotky (zimní provoz)	4 368	[hod/rok]
Elektrina vyrobená XRGB 9	39 312	[kWh/rok]
Teplo vyrobené XRGB 9	87 360	[kWh/rok]
Roční úspora bez DPH	190 000	[Kč]
Počáteční investice bez DPH	710 000	[Kč]
Návratnost investice	6	[let]
Rozměry (h x š x v)	92 x 64 x 96	[cm]
Hmotnost	440	[kg]
Záruční lhůta	2	[roky]
Servisní interval v hodinách	10 000	[hod]
Spotřeba paliva (zemní plyn)	31	[kW]
Elektrická účinnost	30	[%]
Tepelná účinnost	65	[%]
Celková účinnost	94	[%]

9.2 Kotel na tuhá paliva Verner V140 Extra

Pro tento objekt je primárně navržen ocelový kotel VERNER V140 EXTRA (viz. Orázek 18.). Tento kotel má jmenovitý výkon 14 kW a je jedinečný pro svou koncepci. Unikátnost spočívá v termoizolační příkladací komoře se spodním přívodem vzduchu a vodorovnými dvířky. Kotel dále vyniká inteligentní elektronickou regulací se systémem optimálního spalování prostřednictvím spalovacího čidla. Jako hlavní palivo tento kotel využívá dřevo. Další možností co se může v tomto kotli spalovat je štěpka, dřevěné brikety a piliny. Tato paliva lze spalovat se stejně vysokou účinností (nad 90%) jako kusové dřevo. Kotle na kusové dřevo značky VERNER jsou zařazeny v emisní třídě 5 dle ČSN EN 303-5 a i nadále je lze provozovat po roce 2022. Výborné vlastnosti kotle zajišťují vysoký komfort obsluhy i s nádrží o polovičním objemu, než je běžné u standardního kotle. Pomocí dvojité stěny příkladací komory, nerezových částí kotle či speciální keramickou mikrovýstuží jsme výrazně prodloužili životnost. Inteligentní elektronická regulace řídí potřebný přívod vzduchu do spalovací komory a v kotli udržuje tzv. stáložárnou vrstvu. Díky této technologii vydrží kotel bez obsluhy a bez příkladání až 15 hodin. Po příchodu domů z práce či po příjezdu z celodenního výletu nemusíte znovu zatápat, ale postačí pouze přiložit.[30]



Obrázek 18 Kotel VERNER V140 EXTRA [30]

V následující tabulce (viz. Tabulka 23) jsou uvedeny základní údaje ke kotli VERNER V140 EXTRA

Tabulka 24 Parametry kotle VERNER V140 EXTRA [30]

	Hodnota	Jednotky
Cena	59 000	[kč]
Jmenovitý výkon	14	[kW]
Předepsané palivo	Dřevo	
Doba hoření plné vsázky paliva	4,5	[hod]
Délka polen	340	[mm]
Objem příkladacího prostoru	75	[l]
Účinnost	91	[%]
Záruka	5	[let]
Výška	1230	[mm]
Šířka	580	[mm]
Hloubka	925	[mm]
Celková hmotnost	370	[kg]

Pro vytápění teplé vody slouží elektrický ohřívač vody Dražice OKCE 200. Pořizovací cena je 8 780 Kč.



Obrázek 19 Dražice OKCE 200 [31]

10 Ekonomické zhodnocení

V této části se porovnává kotel VERNER V140 EXTRA s mikrokogenerační jednotkou. Do ekonomické části je zahrnuta pořizovací cena tak i roční náklady. U kogenerační jednotky je zahrnuta i návratnost celého stroje. Jsou zde zahrnuty nejen tyto náklady na palivo ale i náklady na provoz elektrickou energii a také energie pro ohřev vody za chodu kotle.

Zde jsou uvedeny teoretické vzorce pro výpočet ekonomického zhodnocení.

Roční spotřeba paliva

$$m_{pal} = \frac{Q_{vyt,r}}{Q_r^i \cdot \eta_{vyt}} \quad [t/rok] \quad (44)$$

m_{pal} ...množství paliva za rok

[t/rok]

$Q_{vyt,r}$...množství tepla potřebné pro vytápění

[GJ/rok]

Q_r^i ...výhřevnost paliva

[MJ/kg]

η_{vyt} ...účinnost spalování paliva

[%]

Energie dodaná za rok

$$Q_{r-p} = Q_{vyrb} \cdot H \cdot D \cdot \eta_k \quad [MWh/rok] \quad (45)$$

Q_{vyrb} ...výkon tepelného zařízení

[kW.h]

H...Počet hodin v provozu

[hod]

D...počet topných dní

[den]

η_k ...účinnost spalovacího zařízení

[%]

Roční náklady

$$N_{p-rok,k} = m_{pal} \cdot cena_{pal} + 12 \cdot měs_{paušál} + nákl_{doprava} \quad [Kč/rok] \quad (46)$$

$cena_{pal}$...cena paliva

[Kč/palivo]

Spotřeba energie za rok

$$m_{pal} = Q \cdot d \quad [kW.h] \quad (47)$$

Q...vyrobená, potřebná enegie

[kW.h]

d...počet topných dní

[dny]

Roční provozní náklady na ohřev

$$N_{p-rok,b} = cena_{pal} \cdot m_{pal} \quad [kč/rok] \quad (48)$$

Celkové roční náklady

$$N_{c-rok} = N_{p-rok,k} + N_{p-rok,b} \quad [\text{kč/rok}] \quad (49)$$

$$N_{p-rok,k} \dots \text{roční náklady na kotel} \quad [\text{kč/rok}]$$

$$N_{p-rok,b} \dots \text{roční náklady na boiler} \quad [\text{kč/rok}]$$

Množství plynu pro vytápění

$$M_{pal} = C \cdot H \cdot D \quad [\text{m}^3] \quad (50)$$

$$C \dots \text{Spotřeba plynu} \quad [\text{m}^3/\text{h}]$$

Energie dodaná za rok

$$Q_{r-p} = Q \cdot H \cdot D \quad [\text{kW/h}] \quad (51)$$

$$Q \dots \text{Elektrický výkon} \quad [\text{kW/h}]$$

Výpočet orientační návratnosti EC Power XRG I 9

$$N = N_{p-rok} \cdot R \quad [\text{Kč}] \quad (52)$$

$$N_{p-rok} \dots \text{Roční zisk z prodeje elektrické energie} \quad [\text{Kč}]$$

$$R \dots \text{Počet let} \quad [\text{roky}]$$

10.1 Zhodnocení kotle VERNER V140 EXTRA

Tento výpočet je zjednodušený, protože se v něm neuvažuje o přípravě teplé vody, pouze pokrytí tepelné ztráty na vytápění. Jako palivo pro kotel je uvažováno dřevo. Náklady pro ohřev teplé vody jsou spočítány níže.

Kontrolní výpočet pro kotel VERNER V140 EXTRA

Roční spotřeba paliva

$$m_{pal} = \frac{Q_{vyt,r}}{Q_r^i \cdot \eta_{vyt}} \quad [\text{t/rok}] \quad (44)$$

$$m_{pal} = \frac{67,922}{14,2 \cdot 0,75}$$

$$m_{pal} = 6,38 \text{ t/rok} = 7 \text{ t/rok}$$

Energie dodaná za rok

$$Q_{r-p} = Q_{vyrb} \cdot H \cdot D \cdot \eta_k \quad [\text{MWh/rok}] \quad (45)$$

$$Q_{r-p} = 14 \cdot 12 \cdot 222 \cdot 0,91$$

$$Q_{r-p} = 33,9 \text{ MWh/rok}$$

Roční náklady

$$N_{p-rok} = m_{pal} \cdot cena_{pal} + 12 \cdot m_{\text{šál}} + nákl_{doprava} \quad [\text{Kč/rok}] \quad (46)$$

$$N_{p-rok} = 7 \cdot 2300 + 12 \cdot 66 + 1300$$

$$N_{p-rok,k} = 18\,200 \text{ Kč/rok}$$

Při vytápění kotlem se TUV ohřívá v boileru elektrickou energií. Proto se do roční ceny pro vytápění započítá i tato ekonomická část. Boiler jsem zvolil Dražice OKCE 200, který se využívá pro ohřev TUV.

Spotřeba energie za rok

$$m_{pal} = Q_{tuv} \cdot d \quad [\text{kW.h}] \quad (47)$$

$$m_{pal} = 15,7 \cdot 222$$

$$m_{pal} = 3486 \text{ kW.h}$$

Roční provozní náklady na ohřev

$$N_{p-rok} = cena_{pal} \cdot m_{pal} \quad [\text{kč/rok}] \quad (48)$$

$$N_{p-rok} = 4,8 \cdot 3485,4$$

$$N_{p-rok,b} = 16\,730 \text{ Kč/rok}$$

Celkové roční náklady

$$N_{c-rok} = N_{p-rok,k} + N_{p-rok,b} \quad [\text{kč/rok}] \quad (49)$$

$$N_{c-rok} = 18\,200 + 16\,730$$

$$N_{c-rok} = 35\,000 \text{ Kč/rok}$$

10.2 Zhodnocení KGH EC Power XRGI 9

Počítá se zde ekonomické zhodnocení KGJ. Jako palivo se uvažuje zemní plyn. Cena zemního plynu 17 Kč/m³.

Energie dodaná za rok

$$Q_{r-p} = Q_{vyrb} \cdot H \cdot D \cdot \eta_k \quad [\text{kW/h}] \quad (45)$$

$$Q_{r-p} = 20 \cdot 12 \cdot 222 \cdot 0,94$$

$$Q_{r-p} = 50\,083 \text{ kW/h} = 50,083 \text{ MW.h}$$

Množství plynu pro vytápění

$$M_{pal} = C \cdot H \cdot D \quad [\text{m}^3] \quad (50)$$

$$M_{pal} = 0,76.12.222$$

$$M_{pal} = 2024 \text{ m}^3$$

Cena za spotřebovaný plyn

$$N_{c-rok} = 17 \cdot M_{pal} \quad [\text{Kč}] \quad (53)$$

$$N_{c-rok} = 17 \cdot 2024$$

$$N_{c-rok} = 34\,408 \text{ Kč}$$

Pro lepší návratnost investice se uvažuje o prodeji elektrické energie do sítě. Ceny výkupní elektrické energie 800 Kč/MW.h.

Energie dodaná za rok

$$Q_{r-p} = Q \cdot H \cdot D \quad [\text{kW/h}] \quad [45]$$

$$Q_{r-p} = 9 \cdot 24 \cdot 222$$

$$Q_{r-p} = 47\,952 \text{ kW/h}$$

Roční zisk z elektrické energie

$$N_{p-rok} = \text{cena}_{pal} \cdot Q_{r-p} \quad [\text{Kč/rok}] \quad [51]$$

$$N_{p-rok} = 800 \cdot 47,95$$

$$N_{p-rok} = 38\,360 \text{ Kč}$$

10.3 Výsledné zhodnocení investic

V této části se pojednává o ekonomickém zhodnocení těchto dvou investic. U kogenerační jednotky se počítá i s návratností oproti spalovacímu zařízení na tuhá paliva.

Výpočet orientační návratnosti EC Power XRG I 9

$$N = N_{p-rok} \cdot R \quad [\text{Kč}] \quad (52)$$

$$N = 38\,360 \cdot 22$$

$$N = 843\,920 \text{ Kč}$$

Náklady v palivu za 22 let jsou vypočítány dle stejné rovnice jako orientační návratnost. Výsledky jsou zobrazeny v tabulce (viz Tabulka 25).

Tabulka 25 Shrnutí celkových nákladů pro vytápění a ohřev vody

	EC Power XRG1 9	Verner V140 + OKCE 200	Jednotky
Pořizovací cena	860000	67780	[Kč]
Roční náklady	34 400	35000	[Kč]
Roční zisk	38 360		[Kč]
Náklady za 22 let	756800	770000	[Kč]
Celkový zisk za 22 let	843920		[Kč]
Orientační návratnost	22		Roky

V tabulce (viz Tabulka 25) jsou shrnuty všechny náklady jak na KGJ tak na vytápění kotlem na tuhá paliva. Roční náklady pro provoz EC Power XRG1 9 jsou velmi podobné jako u Verner V140 + OKCE 200. U Kogenerační jednotky můžeme počítat s ročním ziskem 38 360 Kč za prodej elektrické energie do sítě. Zápořem je velká pořizovací cena kogenerační jednotky oproti kotly Verner. Dalším zápořem je velká doba návratnosti investice do KGJ. Tato dlouhá doba návratnosti je způsobena malým provozním využití KGJ z důvodu rekreačního objektu, který se nevyužívá přes celý rok. Návratnost této jednotky se může zkrátit, díky uvažovanému pronajímání přes rok. I tak se ale nepočítá s velkým zkrácením návratnosti.

11 Závěr

V úvodní části mé bakalářské práce se věnuji kogeneračním jednotkám. Zaměřuji se jak na popis kogeneračních jednotek, tak i na princip a použití kogeneračních jednotek. Dále jsem kogenerační jednotky rozlišil dle druhu pohonu a uvedl možnosti využití kogenerační jednotky.

Následně jsem se věnoval výpočtům celkové tepelné ztráty rekreačního objektu. Dle výpočtů pro stanovení tepelné ztráty domu jsem určil celkovou tepelnou ztrátu domu, která se rovná 13,9 [kW]. Dále jsem vypočítal celkovou roční potřebu energie na vytápění a ohřev teplé užitkové vody rekreačního objektu, která činí [22,35 MW.h/rok].

Cílem mé bakalářské práce bylo zjištění, zda je výhodné pořídit kogenerační jednotku do rekreačního objektu v porovnání se současným navrženým vytápěním na tuhá paliva. Po zpracování ekonomického zhodnocení v Bc práci jsem volil zůstat u navrhovaného kotle Verner V140 pro vytápění a boileru OKCE 200 pro ohřev TUV. Tyto jednotky jsou primárně navrženy pro tento rekreační objekt a to z důvodu jak nízkých pořizovacích nákladů tak z přijatelných ročních nákladů. Kogenerační jednotku jsem nezvolil z důvodu velkých pořizovacích nákladů a dlouhé návratnosti, která činí okolo 22 let. I když u KGJ můžeme počítat s ročním příjmem 38 360 Kč a rekreační objekt se bude pronajímat návratnost je i tak dlouhá. Dalším faktorem proč jsem nezvolil KGJ je její životnost. Než by se náklady na KGJ vrátili, tato jednotka by se musela několikrát seřizovat a možná i opravovat, co by vedlo k dalším investicím.

Seznam použité literatury

Tištěné zdroje

- [1] *Kogenerační jednotky*. Ostrava, 2004. VŠB - TU Ostrava. Vedoucí práce Ing. Ctirad Koudelka.
- [2] KRBEK, CSC, Doc. Ing. Jaroslav a Doc. Ing. Bohumil POLESNÝ, CSC. *Kogenerační jednotky - Zřizování a provoz*. PRATR a.s., Trutnov: GAS s.r.o., Praha, 2007. ISBN 978-80-7328-151-9.
- [3] *Kombinovaná výroba tepla a elektřiny*. Fakulta stavební ČVUT Praha, 2004. Fakulta stavební ČVUT. Vedoucí práce RNDr Vítězslav Vydra CSc.
- [4] DLOUHÝ, CSC, Ing. Tomáš. *Kotelny a kogenerační jednotky*. Praha, 2006. ČVUT Praha FSI.
- [5] RÉDR, Miroslav. *Základy tepelné techniky: celost. vysokošk. učebnice pro hutnické fakulty*. Praha: SNTL, 1991. ISBN 80-030-0366-0.
- [6] SAZIMA, Miroslav, Jiří SCHNELLER a Vladimír KMONÍČEK. *Teplo*. Praha: SNTL - Nakladatelství technické literatury, 1989. Česká matice technická. ISBN 80-030-0043-2.
- [7] VRÁNA, Jakub. *Technická zařízení budov v praxi: [příručka pro stavaře]*. Praha: Grada, 2007. Stavitel. ISBN 978-80-247-1588-9.
- [8] KRBEK, Jaroslav a Bohumil POLESNÝ. *Malé kogenerační jednotky v komunální a průmyslové energetice*. Brno: PC-DIR Real, 1999. ISBN 80-858-9523-4.
- [9] KRBEK, Jaroslav a Bohumil POLESNÝ. *Kogenerační jednotky - zřizování a provoz*. Praha: GAS, 2007. GAS. ISBN 978-80-7328-151-9.
- [10] ČSN 73 0540-2. *Tepelná ochrana budov - Část 2: Požadavky: Požadavky dle normy ČSN 73 0540-2*. Česká technická norma (ČSN). ČR: samostatně tiskem, 2011.
- [11] ČSN EN 12831. *Tepelné soustavy v budovách*. 1. ČR: Český normalizační institut, 2005.

Elektronické zdroje

- [12] Robert Stirling. In: *Wikipedia: the free encyclopedia* [online]. San Francisco (CA): Wikimedia Foundation, 2001- [cit. 2016-12-24]. Dostupné z: https://en.wikipedia.org/wiki/Robert_Stirling
- [13] John Ericsson. In: *Wikipedia: the free encyclopedia* [online]. San Francisco (CA): Wikimedia Foundation, 2001- [cit. 2016-12-24]. Dostupné z: https://cs.wikipedia.org/wiki/John_Ericsson
- [14] *Stirlingův motor* [online]. web: Luboš Třmínek, 2008 [cit. 2016-12-24]. Dostupné z: <http://lubos.trminek.cz/index.php/parni-stroje/stirling-motor/107-stirlinguv-motor>
- [15] Historie Stirlingova motoru. *Zelenezpravy* [online]. web: NetWebs s.r.o., 2012 [cit. 2016-12-24]. Dostupné z: <http://www.zelenezpravy.cz/stirlinguv-motor-%E2%80%93-historie-princip-a-jeho-vyuziti-pri-kogeneraci/>
- [16] Použití KGJ. *Ekowatt* [online]. Ekowatt: webdesign & publikační systém TOOLKIT -, 2008 [cit. 2016-12-25]. Dostupné z: <http://ekowatt.cz/uspory/kogenerace.shtml>
- [17] Kogenerační jednotka. *Econerphile* [online]. France: econerphile, 2014 [cit. 2016-12-26]. Dostupné z: <http://www.econerphile.com/moteurs>

- [18] Prycip KGJ. *Koenergie: STIRLING ENERGY s.r.o.* [online]. Frenštát pod Radhoštěm: webnode, 2012 [cit. 2016-12-26]. Dostupné z: <http://koenergie.webnode.cz/vse-o-kogeneraci/princip/>
- [19] Schéma principu KGJ. *Sunfin* [online]. Praha: Sunfin, 2015 [cit. 2016-12-26]. Dostupné z: <http://www.sunfin.cz/cs/page/princip-a-vyhody-kogenerace/>
- [20] Kombinovaná výroba elektřiny a tepla v ČR. In: *Oenergetice* [online]. ČR: Jan Budín, 2016 [cit. 2016-12-27]. Dostupné z: <http://oenergetice.cz/teplarenstvi/kogenerace-v-ceske-republice/>
- [21] Kogenerace v Evropské unii. *Oenergetice* [online]. ČR: Jan Moravec, 2015 [cit. 2016-12-27]. Dostupné z: <http://oenergetice.cz/elektrina/rozvoj-kogenerace-v-cr-a-eu/>
- [22] Ekol, Turbíny. In: *PortalBrno: ID záznamu: 27072* [online]. Brno: www.portalymest.cz, 2016 [cit. 2016-12-28]. Dostupné z: <http://www.portalbrno.cz/ekol-spol-s-r-o--vyvoj-vyroba-projekce-montaz-a-uvadeni-do-provozu-tepelne-energetickych-zarizeni/>
- [23] KOMBINOVANÁ VÝROBA ELEKTRINY A TEPLA: Autoři: Jiří Beranovský, Monika Kašparová, František Macholda, Karel Srdečný, Jan Truxa. In: Ekowatt [online]. web: EkoWATT, 2007 [cit. 2016-12-28]. Dostupné z: <http://ekowatt.cz/cz/informace/uspory-energie/kombinovana-vyroba-elektriny-a-tepla>
- [24] *Mikrogenerace* [online]. Plzeň: CNE Czech Nature Energy, a. s. © 2017, 2017 [cit. 2017-01-02]. Dostupné z: <http://www.cne.cz/mikrokogenerace/uvod-do-mikrokogenerace/>
- [25] Typy kogeneračních zařízení a jejich použití. In: *Dotacni.info* [online]. Dotace EU: Ing. Karel Valenta, 2013 [cit. 2017-01-04]. Dostupné z: <http://www.dotacni.info/typy-kogeneracnich-zarizeni-a-jejich-pouziti/>. J.Krbek, B.Polesný. Kogenerační jednotky – zřizování a provoz. E.Dvorský, P.Hejtmánková. Kombinovaná výroba elektrické a tepelné energie.
- [26] Co jsou to tepelné mosty a jak je odstranit? *Jetovsuchu: Co s vlhkostí v domě* [online]. web: realsan, 2012 [cit. 2017-01-30]. Dostupné z: <http://www.jetovsuchu.cz/clanek/zobrazit/co-jsou-to-tepelne-mosty-a-jak-je-odstranit>
- [27] Tepelné mosty. *Stavarina* [online]. web: Petr Jůn, 2007 [cit. 2017-01-30]. Dostupné z: <http://www.stavarina.cz/poruchy/tepelne-mosty.htm#tepelne-mosty-resume>
- [28] TEPELNÉ MOSTY. *Izolace-info* [online]. web: Roman Šubrt, Izolace-Info, KČ, 2016 [cit. 2017-01-30]. Dostupné z: http://www.isolace-info.cz/technicke-informace/tepelne-mosty/#.WI3_rvnhBEY
- [29] EC Power XRG I 9. Mojekogenerace [online]. web: created by ANAWE, 2017 [cit. 2017-04-15]. Dostupné z: <http://www.mojekogenerace.cz/xrgi-9/>
- [30] VERNER V140 EXTRA. Kotle verner [online]. web: Verner sk .s.r.o, 2017 [cit. 2017-04-15]. Dostupné z: <http://www.kotle-verner.cz/produkty/kotle-na-kusove-drevo-stepku-a-piliny--pripravujeme/verner-v140-extra>
- [31] Dražice OKCE 200. *Topení levně* [online]. web: Topenílevně, 2017 [cit. 2017-04-15]. Dostupné z: <https://www.topenilevne.cz/drazice-okce-200-p9/#gallery>
- [32] Vytápění. Vytápění.tzb [online]. web: Copyright Topinfo s.r.o. 2001-2017, 2017 [cit.2017-05-14]. Dostupné z: <http://vytapani.tzb-info.cz/tabulky-a-vypocty/47-potreba-tepla-pro-vytapani-a-ohrev-teple-vody>

- [33] Průměrné teploty a úhrn srážek. *Meteoblue* [online]. mereoblue: Meteoblue, 2016 [cit. 2017-05-15]. Dostupné z:
https://www.meteoblue.com/cs/po%C4%8Das%C3%AD/p%C5%99edpov%C4%9B%C4%8F/modelclimate/uhersk%C3%A9-hradi%C5%A1t%C4%9B_%C4%8Cesko_3063739
- [34] SVOBODA, Zbyněk. Ztráty 2010. web, 2010.

Seznam obrázků, tabulek a grafů

Obrázky

- Obrázek 1 Robert Stirling (1790 – 1878) [12]
Obrázek 2 John Ericson (1803 – 1889) [13]
Obrázek 3 Základní Stirlingův motor [14]
Obrázek 4 Kogenerační jednotka [17]
Obrázek 5 Kogenerační jednotka Kodaň [20]
Obrázek 6 Schéma principu KGJ [19]
Obrázek 7 Mnohostupňová protitlaková parní turbína (EKOL Brno – výkon 19 MW) [2]
Obrázek 8 Parní kondenzační turbína (EKOL Brno - 10 MW) [22]
Obrázek 9 Spalovací turbína průmyslového typu V 94.3 (Siemens) [2]
Obrázek 10 Blokové schéma kogenerační jednoty © EkoWATT [23]
Obrázek 11 Aplikace Stirlingova motoru v KGJ [24]
Obrázek 12 KGJ v čistírně odpadních vod (výkon 2x 520 Kw) [23]
Obrázek 13 Řez palivovým článkem [24]
Obrázek 14 Trigenerace a absorpční jednotky BROAD (schéma zapojení) [25]
Obrázek 15 Tepelný tok u nadpraží okna – zdívo 36,5 STI [28]
Obrázek 16 Výkres objektu
Obrázek 17 Mikrokogenerační jednotka XRG1 9 [29]
Obrázek 18 Kotel VERNER V140 EXTRA [30]
Obrázek 19 Dražice OKCE 200 [31]

Tabulky

- Tabulka 1 Vývoj instalovaného výkonu v České republice [20]
Tabulka 2 Základní parametry objektu
Tabulka 3 Základní parametry konstrukce Garáže
Tabulka 4 Tepelné ztráty pro 1PP
Tabulka 5 Základní parametry konstrukce Zádveří
Tabulka 6 Základní parametry konstrukce Kuchyně
Tabulka 7 Základní parametry konstrukce Wc
Tabulka 8 Základní parametry konstrukce Koupelny
Tabulka 9 Základní parametry konstrukce Ložnice
Tabulka 10 Tepelné ztráty pro 1.NP
Tabulka 11 Základní parametry konstrukce Obývací místnosti
Tabulka 12 Základní parametry konstrukce Wc
Tabulka 13 Základní parametry konstrukce Koupelna
Tabulka 14 Základní parametry konstrukce Ložnice
Tabulka 15 Tepelné ztráty pro 2.NP
Tabulka 16 Základní parametry konstrukce Komora
Tabulka 17 Tepelné ztráty pro 3.NP
Tabulka 18 Výsledné hodnoty místností
Tabulka 19 Konstrukce se zastoupením tepelné ztráty
Tabulka 20 Okrajové podmínky pro vytápění
Tabulka 21 Okrajové podmínky pro ohřev teplé vody

Tabulka 22 Potřeba tepla pro vytápění a ohřev vody pro topné období

Tabulka 23 Parametry Mikrokogenerační jednotky XRGI 9 [29]

Tabulka 24 Parametry kotle VERNER V140 EXTRA [30]

Tabulka 25 Shrnutí celkových nákladů pro vytápění a ohřev vody

Grafy

Graf 1 Instalovaný tepelný a elektrický výkon v EU v roce 2012 [21]

Graf 2 Tepelné ztráty objektu

Graf 3 Průměrné teploty v roce 2016 [33]

Seznam příloh

Příloha A – Výkresová dokumentace objektu